XA
.R483

Per. 4
Vol. 17
1904

THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA SALUTE POPULIQUE
1891

LIBRARY

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

Société générale d'imprimerie, successeur de Ch. Eggimann & Cie,
18, Pélisserie, Genève.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT NEUVIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME DIX-SEPTIÈME

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

GENÈVE
BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

PARIS	LONDRES	NEW-YORK
H. LE SOUDIER	DULAU & Cᵉ	G. E. STECHER
174-176, Boul. St-Germain	37, Soho Square	9, East 16th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cᵢᵉ, A BALE

1904

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE
VENDU EN 1922

QH
R483
Per. 4
Vol. 17
1904

SUR LA

RADIOACTIVITÉ DE L'ATMOSPHÈRE ET DU SOL

PAR

J. ELSTER et **H. GEITEL**
Professeurs au Gymnase de Wolfenbuttel

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

RÉSUMÉ PAR

H. GEITEL.

Il y a deux ans, nous avons donné aux lecteurs des *Archives* un résumé d'une série d'expériences sur la radioactivité induite par l'air atmosphérique[1]. Dès lors l'étude de ce phénomène a été poursuivie, soit par d'autres auteurs, soit par nous-mêmes; et comme ces recherches, malgré certaines divergences qu'elles paraissaient offrir au début, ont fini par aboutir à des résultats concordants, il semble que le moment soit venu de les résumer de nouveau dans leur ensemble.

Rappelons d'abord le fait capital qui ressortait de notre premier exposé qu'il est possible d'exciter sur un conducteur électrique quelconque une radioactivité induite temporaire, en le maintenant quelques heures avec une charge négative à l'air libre, ou, mieux encore, à l'air d'une cave ou d'une grotte. L'effet ainsi obtenu est

AUG 7 - 1923

[1] *Archives des Sciences phys. et nat.*, 1902, t. XIII, p. 113.

le même, quoiqu'à un moindre degré peut-être, que celui qui se produirait dans l'air qui aurait été en contact avec des substsnces radioactives, comme de l'oxyde de thorium ou du bromure de radium.

Pour abréger les considérations qui vont suivre, nous adopterons une notion très simple et suggestive introduite par M. Rutherford, et généralement admise depuis, que les corps radioactifs sont le siège d'une *émanation*, c'est-à-dire qu'ils émettent un gaz radioactif dont les molécules sont chargées positivement, et qui se répand par diffusion comme d'autres gaz dans l'air ambiant. Il adhère sur tous les corps avec lesquels il arrive en contact, principalement sur ceux qui sont chargés négativement, et y forme des couches superficielles radioactives.

Cette émanation est probablement le produit de la décomposition des corps radioactifs; elle constitue encore une substance instable en état de décomposition lente, qui par l'émission de rayons de Becquerel se transformerait graduellement en corps inactifs. Pour l'émanation du radium, par exemple, on sait par les expériences de MM. Ramsay et Soddy, que c'est l'hélium qu'il faudrait considérer comme constituant l'un de ces produits stables.

Donc puisque l'air atmosphérique se comporte comme s'il était le siège d'une émanation, on est évidemment amené à rechercher quel est le corps radioactif dont elle peut provenir.

Et ici on peut faire deux suppositions, ou bien que ce corps radioactif est contenu dans l'air lui-même, et dans ce cas la source de l'émanation serait inséparable de l'air. ou bien qu'il existe en dehors de l'air, et dans

ce dernier cas il faudrait établir par quelle voie l'émanation y parvient. La première de ces deux hypothèses est facile à contrôler par l'expérience[1].

Si l'air possède en lui-même le pouvoir de produire d'une manière permanente une émanation, il devra se faire lorsqu'il est enfermé, pendant un temps plus ou moins long, en vase hermétiquement clos, à enveloppe métallique par exemple, que la quantité d'émanation qu'il contenait primitivement non seulement ne diminue pas, mais, plus probablement même, augmente avec le temps, puisque la perte sous l'action des forces électriques agissant dans l'air libre est exclue par la protection des parois conductrices. Si, au contraire, l'émanation provient du dehors, comme son activité propre s'éteint en 10 ou 20 jours, il ne devra plus en rester aucune trace dans le vase clos au bout d'un mois.

Comme à cause de la faible teneur en émanation, l'expérience faite sur un petit volume d'air manquerait forcément de netteté, il importait de la faire avec un vase hermétiquement clos de grandeur suffisante. Un ami, directeur d'une grande fabrique de machines à Wolfenbuttel, voulut bien mettre à notre disposition, à cet effet, une chaudière à vapeur toute neuve d'une contenance de 23 mètres cubes.

Par deux petites ouvertures diamétralement opposées, percées dans la paroi de la chaudière, nous introduisîmes dans celle-ci un fil d'aluminium que nous tendîmes entre les deux ouvertures en fermant ensuite celles-ci hermétiquement par des bouchons de caout-

[1] *Physikalische Zeitschrift*, 1902, 3, p. 574.

chouc. Au bout de six semaines nous enlevâmes ces derniers, et, à leur place, nous glissâmes autour des deux extrémités du fil deux petits tubes d'ébonite qui l'isolaient complètement des parois métalliques. Ce même fil fut alors chargé à l'aide d'une pile à haute tension et maintenu pendant deux heures à une charge négative de 2000 volts, sans que l'air qui l'entourait pût se renouveler.

Sorti au bout de ce temps, le fil d'aluminium se montra absolument inactif. L'air, dans l'intérieur de la chaudière, n'avait donc produit aucune émanation, et il avait même perdu celle qu'il possédait primitivement. Cette expérience montre clairement que la source de l'émanation ne peut pas se trouver dans l'air lui-même.

Si après cela on se reporte aux observations démontrant la teneur exceptionnellement grande en émanation que présente l'air des caves ou des grottes, on sera conduit à la conclusion que cette dernière doit provenir des parois ou du moins sortir par diffusion du sol environnant. Cette conclusion a été pleinement confirmée par l'expérience.

En effet, pour trouver de l'air riche en émanation on n'a pas besoin de descendre dans des caves ou dans des grottes ; il suffit pour cela d'enfoncer un tube à un mètre de profondeur dans le sol et de soutirer à l'aide d'un aspirateur quelconque l'air qui s'y trouve. Comme des expériences faites dans les lieux les plus divers l'ont prouvé, celui-ci se montre toujours plus ou moins chargé en émanation. C'est donc là évidemment la source de la radioactivité des caves et des cavernes. C'est des couches voisines du sol que l'émanation pénètre dans les espaces souterrains.

On peut facilement se procurer un réservoir rempli en permanence d'un tel air actif par l'emploi d'une grande cloche métallique disposée sur le sol avec son bord inférieur enterré de quelques centimètres. Une tubulure toute simple disposée à son sommet, permettra soit d'introduire un fil métallique isolé qui y acquerra une radioactivité très forte sous l'action d'une charge négative, soit d'en extraire des échantillons d'air à soumettre à une étude ultérieure. Nous avons installé à cet effet, dans notre jardin, auprès de notre maison une cloche en fer contenant $^3/_4$ m^3. Ce volume est suffisant pour reproduire sur un morceau de Sidolblende qui y aurait séjourné quelques heures sous une charge négative de 2000 volts le phénomène de phosphorescence scintillante que l'on observe à l'aide d'une préparation de radium dans le dispositif de Crookes dit le « spinthariscope[1] ».

On arrive ainsi à la conclusion qu'une partie assez importante de l'atmosphère, c'est-à-dire celle qui se trouve au-dessous de la surface de la terre, dans les canaux capillaires du sol et dans les fissures des roches contient normalement de l'émanation radioactive. Celle-ci se répandra par diffusion dans l'air atmosphérique partout où les pores de la surface du sol sont ouverts. On en constatera une plus grande quantité lorsqu'une chute du baromètre provoquera un appel de l'air contenu dans le sol. En fait, après une chute du baromètre l'atmosphère se montre particulièrement riche en émanation. En revanche, sur mer où ces sorties de gaz du sol font défaut l'émanation est beaucoup plus faible que sur la terre ferme.

[1] *Physik. Zeitschr.*, 1903, 4, p. 439.

Ces faits indiquaient nettement qu'un corps radioactif doit être contenu dans le sol. Il importait de le chercher et si possible de l'isoler.

Evidemment cette conclusion repose sur l'hypothèse que l'émanation ne peut être attribuée à aucune autre cause qu'à l'action des substances primitivement radioactives, et en fait on ne connaît aucun cas dans lequel une vraie radioactivité serait produite sous quelque forme que ce soit par des substances reconnues comme inactives.

A un moment donné on a pu croire il est vrai que ce principe n'était pas valable pour l'émanation du sol. D'abord MM. Pocchettino et Sella[1], plus tard M. J.-J. Thomson et M. F. Himstedt[2] reconnurent que l'air qui a été en contact intime avec l'eau, comme celui qui s'échappe d'un aspirateur à eau, contient aussi une émanation active et possède à cet égard des propriétés analogues à celles de l'air du sol.

Tandis que MM. Pocchettino et Sella expliquaient ce résultat en admettant la présence d'une substance active dans l'eau sur laquelle ils opéraient et qui provenait d'une canalisation de la ville de Rome et par conséquent restaient fidèles au principe ci-dessus, M. J.-J. Thomson et M. Himstedt[3] admirent tout d'abord que le siège de l'émanation pouvait bien se trouver au contact de l'air avec l'eau et étaient enclins à expliquer de la même façon l'activité de l'air du sol. Si ce point de vue était vrai il constituerait une notion fondamentale

[1] *Rendiconti R. Acc. dei Lincei*, 1902, ser. 5, vol. XI, p. 527.

[2] *Phil. Mag.*, 1902, ser. 6, vol. IV, p. 322.

[3] *Berichte der Naturf. Gesellsch. von Freiburg in Br.*, 1903, t. XIII, p. 101.

tout à fait nouvelle dans l'ordre de faits qui nous occupe.

Nous devons donc nous arrêter un instant à ces expériences.

Ce qu'elles présentaient de surprenant et en apparence de contradictoire avec l'explication de MM. Pocchettino et Sella résidait dans le fait que M. Thomson et M. Himstedt obtenaient aussi l'émanation dans l'eau distillée dans laquelle ils avaient insufflé l'air sous pression ou qu'ils avaient répandue en pluie fine dans l'air pour produire le contact intime entre eux. Il sembla tout d'abord inadmissible que des corps radioactifs eussent pu intervenir pour produire ce résultat.

Dès que nous avons eu connaissance du travail de M. Thomson, nous avons répété ses expériences. Nous reconnûmes aussitôt que l'air fourni par un aspirateur à eau actionné par la conduite d'eau de la ville de Wolfenbuttel contenait de l'émanation. Toutefois il ne nous fut pas possible d'obtenir une action appréciable avec de l'eau distillée et d'une manière générale avec de petites quantités d'eau [1]. Comme nous n'avions pas à notre disposition des pressions d'eau aussi fortes que celles dont M. Thomson avait pu faire usage, nous renvoyâmes momentanément la publication de nos résultats négatifs, nous réservant de reprendre ces expériences avec des moyens plus puissants.

Dès lors cette question a été résolue de la manière la plus simple. M. Himstedt qui, comme nous l'avons dit plus haut, était arrivé tout d'abord à la même con-

[1] M. R. Börnstein a obtenu le même résultat *(Verhandl. der deutschen physik. Gesellschaft.* 1903, 5ter Jahrg., n° 22, p. 404).

clusion que M. Thomson, a établi de la manière la plus évidente, dans un travail qui vient de paraître [1], que l'on ne parvient à produire de l'air actif au contact de l'eau que lorsqu'elle renfermait préalablement de l'émanation. De l'eau qu'on a fait bouillir, ou qu'on a maintenue longtemps en repos, et de même l'eau distillée ne produisent aucune action.

En revanche, les eaux provenant de sources profondes, surtout les eaux thermales, sont très riches en émanation. Il en est de même du pétrole brut, qui n'a pas été raffiné par distillation et qui est soumis à l'observation peu de temps après son extraction. Il suffit donc que ces liquides aient été dans la profondeur du sol en contact avec l'émanation qui y est contenue pour qu'ils deviennent actifs.

Comme M. Börnstein [2] le remarque à bon droit, on s'explique facilement qu'un aspirateur à eau fournisse de l'émanation en quantité notable par la rapidité avec laquelle se renouvelle le courant liquide et avec lui la teneur de l'émanation qu'il charrie.

Il est difficile de dire à quelle cause d'erreur on peut attribuer les résultats positifs qui ont été obtenus au début avec l'eau distillée. On peut soupçonner cependant qu'une infection des appareils par de l'émanation de radium y a été pour quelque chose. Il est impossible en effet de faire des expériences vraiment probantes sur la radioactivité naturelle de l'air et de l'eau à l'intérieur d'un bâtiment qui contient du radium dans une

[1] *Berichte der Naturf. Ges. von Freiburg i. Breisgau*, 1903 XIV, p. 181.

[2] L. c.

pièce ou dans une autre. Pour ce motif, nous avons depuis quatre ans complètement exclu ces préparations de notre laboratoire.

Il vient de paraître un travail de M. P. Adams[1] exécuté dans le laboratoire Cavendish à Cambridge dirigé par M. J. J. Thomson, qui est en concordance avec les derniers résultats de M. Himstedt et qui attribue l'action de l'eau à la préexistence de l'émanation qu'elle a acquise dans la source dont elle provient.

En résumé, l'action réciproque de l'eau sur l'air dans le phénomène qui nous occupe peut se définir comme suit : l'émanation radioactive, ainsi que l'a reconnu Mme Curie[2], se dissout en forte proportion dans l'eau. De la même façon, les eaux gazeuses qui jaillissent du sol se chargent de l'émanation qui y est contenue et l'amènent à la surface. Par l'aération ou l'ébullition on peut facilement expulser cette émanation de l'eau qui l'a charriée et la recueillir[3]. Un temps suffisamment long après que l'eau est sortie du sol, l'émanation qu'elle contenait a entièrement disparu. Très intéressante est la découverte de M. Himstedt que le pétrole possède un pouvoir d'absorption particulièrement fort pour cette émanation du sol.

Ce n'est donc pas l'air qui acquiert son activité au contact de l'eau, mais au contraire l'eau qui prend à l'air du sol l'émanation qu'il contient ou qui la reçoit directement d'un corps radioactif répandu dans le sol.

Et ainsi nous nous trouvons ramenés à l'hypothèse

[1] *Phil. Magaz.*, 1903, sér. 6, t. VI, p. 563.

[2] S. Curie. Recherches sur les substances radioactives. Paris, 1903, p. 112.

[3] Cf. J. J. Thomson. *Nature*, 88, p. 90, 1903.

de l'existence dans la terre d'un corps possédant une radioactivité primaire propre.

Déjà la grande conductibilité que nos recherches antérieures nous avaient fait attribuer à l'air des caves et des grottes nous avait amenés à une conclusion de ce genre, mais il n'a été donné ni à MM. H. Ebert et Ruf[1] ni à nous-mêmes de reconnaître que les matières dont étaient formées les parois de ces souterrains fussent susceptibles d'émettre des rayons Becquerel.

La question fut rouverte par la constatation que partout l'air contenu dans les pores de la terre est radioactif. Contre toute attente, il se trouva que des échantillons de terre pris en pleins champs, à la surface même ou à quelques centimètres de profondeur, ionisent l'air au contact duquel on les place, faiblement il est vrai, mais cependant d'une manière très appréciable[2].

Les expériences furent exécutées avec un électroscope Exner de notre type, sous une cloche en verre ou en métal, d'une contenance de 30 à 40 litres. Après l'introduction dans celle-ci de 150 gr. de terre, la conductibilité de l'air superposé avait plus que doublé. L'action est très marquée avec une terre formée d'argile calcaire, faible avec du calcaire pur, complètement nulle avec du sable quartzeux ou avec de l'humus.

Si on laisse la terre plusieurs jours sous la cloche, la conductibilité de l'air superposé croît jusqu'à un maximum; elle se charge donc en émanation exacte-

[1] *Physik. Zeitschr.*, 1903, 4, p. 93.
[2] *Physik. Zeitschr.*, 1903, 4, p. 522.

ment comme elle le ferait en présence d'une substance possédant une activité primordiale. Le résultat est le même que la terre soit tirée fraîchement du sol ou qu'elle ait été conservée longtemps, un an par exemple, sèche et aérée. L'accroissement de conductibilité constaté ici dans l'air superposé ne peut donc pas être attribué à l'émanation qui adhérait à la terre au moment où elle avait été extraite du sol[1].

Nous ne donnerons pas ici les nombreuses mesures faites sur les échantillons de terre les plus divers; le résultat fut que c'est la proportion en argile qui détermine le degré d'activité. Les effets les plus forts rapportés à des poids égaux de substance, se trouvèrent être le 1/5000 environ de celui de la pechblende.

Si l'on considère combien est faible la quantité de substance active que M. et Mme Curie sont parvenus à extraire de cette dernière substance par leur procédé, on se convaincra que la chance de pouvoir extraire le principe actif de l'argile ordinaire est infiniment petite et qu'il faut, pour cette recherche, découvrir une terre plus riche.

Or c'est ce que nous avons pu réaliser dans une certaine mesure. Partant de l'idée que des exhalaisons volcaniques pouvaient peut-être projeter au dehors des substances radioactives provenant de l'intérieur de la terre[2], nous étudiâmes à ce point de vue la terre dite de Fango, une argile à base de chaux et de fer, qui

[1] Inutile de dire que pendant tout le cours de ces expériences l'isolation de l'électroscope était soumise à un contrôle constant.

[2] C'est ainsi que sur un ancien sol volcanique, à Burgbrohl, au bord du Rhin, une source naturelle d'acide carbonique s'est montrée très riche en émanation.

sort d'une source chaude vers Battaglia, au sein des Monts Euganéens, dans la Haute-Italie et trouve en médecine un grand usage pour des bains et des applications.

Cette substance est environ quatre fois plus active que l'argile la plus active que nous eussions rencontrée jusque-là. La chance de pouvoir isoler la substance active était donc bien plus favorable.

Sans entrer dans les détails des expériences, il suffira d'indiquer ici le procédé[1] à l'aide duquel nous sommes parvenus à extraire de cette terre spéciale de petites quantités d'une matière dont l'activité est du même ordre de grandeur que celle des sels d'urane, tandis que par voie chimique on ne peut arriver à y déceler que des corps inactifs.

Nous traitions 25 kilogr. de Fango bien desséché, contenu dans un vase de bois, avec de l'acide chlorhydrique concentré, qui décomposait les carbonates de calcium, de magnésium et de fer, avec un abondant dégagement d'acide carbonique. Quand celui-ci avait cessé, nous ajoutions un excès d'acide et laissions ensuite plusieurs jours la masse ainsi traitée dans le fût en agitant fréquemment celui-ci. Puis nous la filtrions pour séparer du résidu solide la solution acide. L'addition à celle-ci de 1 à 2 grammes par litre de chlorure de baryum dissout dans l'eau nous donnait alors un précipité provenant de ce que dans le Fango il se trouvait de petites quantités de sulfates. Nous le laissions se déposer à froid, décantions la partie claire de la solution, puis chauffions le reste avec le précipité jus-

[1] *Phys. Zeitschr.*, 1904, 5, p. 11.

qu'à l'ébullition et filtrions. Le sulfate de baryum déposé sur le filtre entraîne avec lui une grande partie de l'activité de la dissolution et révèle à l'électroscope une radioactivité a peu près égale à celle du sulfate d'uranyle et de potassium.

Un second procédé a lieu par électrolyse. On introduit dans la dissolution acide de chlorures tirée du Fango, comme cathode, une feuille de platine de 80 cm^2 de surface, comme anode un bâton de charbon et on fait passer pendant une ou deux heures un courant de 0,01 ampère par centimètre carré de la cathode et de 20 volts de différence de potentiel.

La cathode sortie au bout de ce temps, lavée à l'eau et séchée se montre radioactive. En répétant l'opération sur une nouvelle dose de dissolution on augmente cette action. Celle-ci arrive à être même plus forte sur l'électroscope que celle des précipités du sulfate de baryum. Comme avec une dissolution suffisamment acide, la quantité de substance déposée sur la cathode est excessivement petite son activité doit être sensiblement plus forte que celle des sels d'urane.

Tandis que l'activité des précipités de baryte paraît diminuer lentement avec le temps et par conséquent semble provenir, en partie du moins, d'activité induite, les dépôts électrolytiques sur la cathode n'ont pas paru jusqu'ici subir une diminution dans leur radioactivité.

L'essentiel dans ces expériences est la concentration de l'action sur de petites masses ; il est donc possible qu'avec l'emploi de très grandes quantités de matières brutes on arrive à isoler aussi chimiquement le corps actif. Pour le moment ce n'est que par voie indirecte

qu'on peut se faire une idée sur la nature de ce corps.

Ici nous pouvons faire observer que des dissolutions de sels indifférents se seraient comportés exactement de la même manière que les dissolutions tirées du Fango si elles avaient été additionnées de la plus faible trace d'un sel de radium ou si elles avaient été en contact avec une quantité infiniment petite de sulfate de radium, pratiquement insoluble. Dans ces conditions, et en présence de sulfates libres, des dissolutions primitivement indifférentes donnent des précipités actifs avec le chlorure de baryum ou un dépôt actif sur la cathode par l'électrolyse. Les résultats des recherches par voie chimique ne sauraient donc être en opposition avec l'hypothèse que le radium est le principe actif du Fango et probablement celui du sol en général.

Ce qui reste inexpliqué, c'est le rôle que l'argile joue dans l'activité des différentes terres. Le silicate d'alumine pur, comme l'argile blanche des potiers, et toutes les combinaisons pures d'aluminium sont inactifs, et pourtant nous n'avons trouvé aucune terre qui fût active sans contenir une notable proportion d'argile. D'autre part, il est vrai, l'argile pure inactive a la propriété d'absorber l'émanation du sol et de devenir par là active elle-même. Mais cette activité acquise n'est que temporaire, elle disparaît avec le temps quoique moins vite que l'émanation libre. La persistance de l'activité du Fango et des terres argileuses en général, ne semble donc pas, pour le moment, pouvoir s'expliquer autrement que par la présence en elles d'une substance à activité propre.

Comme le traitement chimique du Fango ne nous a pas permis de déterminer la nature de cette substance,

nous avons cherché à réussir en comparant les propriétés physiques de son émanation avec celles de l'émanation des deux éléments radioactifs les plus connus, le radium et le thorium.

On sait que M. et Mme Curie[1] ont établi la loi suivant laquelle la radioactivité induite par l'émanation du radium sur différents corps diminue avec le temps. Cette loi est donnée par la formule :

$$I = I_0 \left(a\, e^{-\frac{t}{\theta_1}} - (a-1)\, e^{-\frac{t}{\theta_2}} \right)$$

dans laquelle a, θ_1 et θ_2 sont des constantes numériques. I_0 représente l'intensité de la radiation induite à l'origine c'est-à-dire à l'instant où le corps étudié est sorti de la zone d'action du radium, I l'intensité au temps t. Comme mesure de l'intensité on prend la conductibilité de l'air qu'elle produit.

Avec cette formule on peut, pour une valeur quelconque de I_0, déterminer l'affaiblissement de l'activité avec le temps.

En mesurant, à l'aide de notre appareil de dispersion, la diminution du rayonnement de différents fils exposés avec charge négative, soit à l'air libre, soit en vase clos, au-dessus d'un échantillon de Fango sec ou de terre des champs, nous pouvions, pour ces différentes sources d'émanation, déterminer la rapidité avec laquelle s'affaiblit l'activité des dépôts qu'elles déterminent sur ces fils. Or, nous avons obtenu par là, dans la limite des erreurs d'observation, une concordance très satisfaisante avec la loi Curie pour le radium.

La radioactivité induite par le thorium, qui a été sur-

[1] S. Curie. l. c., p. 110.

tout étudiée par M. E. Rutherford, se comporte tout différemment. Tandis que dans notre cas, comme dans celui du radium la radiation diminue à peu près de moitié pour chaque demi-heure écoulée, dans le cas du thorium une réduction semblable exige à peu près une demi-journée.

Dans un travail déjà cité, et en accord avec nos résultats, M. Adams a obtenu, pour l'émanation de l'eau des sources, qui est identique à celle du sol, une courbe d'extinction qui présente la même concordance avec celle du radium.

Si nous rappelons encore que, d'après M. Himstedt, l'émanation de l'eau de source possède aussi la même température de condensation que celle du radium (— 150° C. environ[1]), l'identité de ces deux genres d'émanation devient en quelque sorte évidente.

Cette concordance des lois d'extinction ne permet d'attribuer le principe actif du sol au radium que dans la mesure où l'on admet qu'un corps radioactif est caractérisé par la nature de son émanation.

Avec cette réserve, nous pensons être autorisés à tirer de toute la série de nos recherches la conclusion suivante :

Selon toutes probabilités, ce sont des traces infinitésimales de radium, partout répandues, qui sont la source de la radioactivité de l'air enfermé dans les pores de la terre, comme aussi de l'air atmosphérique.

Ce qui nous empêche de donner à cette assertion une forme plus absolue c'est la connaissance encore imparfaite que nous possédons des substances radioactives autres que le radium et le thorium. Ces substances

[1] Celle du thorium, en revanche, ne coincide pas.

toutes tirées de la pechblende n'ont pas, il est vrai, donné du radium par voie chimique, mais n'ont pas non plus jusqu'ici été caractérisées comme des éléments nouveaux et ne sont peut-être que le siège passif d'une radioactivité induite, particulièrement persistante.

Le fait de trouver si généralement répandu un élément qui était resté inconnu jusqu'en dernier lieu n'est point ici le fait capital. C'est une conséquence toute simple de la réaction ultra-sensible qui trahit la présence des plus petites traces de radium. D'autres corps présentent des réactions qui permettent de les déceler dans les composés les plus divers : pour le sodium, c'est son spectre monochromatique; pour l'yttrium, celui de la lumière qu'il émet par phosphorescence. Pour le radium, cette réaction est la ioniation que ses rayons produisent dans l'air. Le fait capital réside en ceci qu'*avec le radium partout répandu se retrouve partout aussi l'action si puissante de ses rayons*.

Ce sera la tâche de l'avenir de déterminer le rôle de ces rayons dans l'économie générale. Un des éléments de ce problème est déjà fixé, c'est la ionisation de l'air.

Nous voudrions pour finir traiter encore brièvement une ou deux questions qui s'imposent. Le radium, là où il se rencontre dans l'état de plus grande concentration, se trouve toujours, sans exception, associé à de l'urane en beaucoup plus grande proportion que lui-même. Doit-on admettre que cet élément se trouve en même proportion dans toutes les matières qui contiennent le radium même? Une analyse chimique faite sur le Fango devrait éclaircir ce point.

Autre question : l'helium est considéré comme pro-

duit final de transformation du radium. Il semble donc qu'on doive le trouver dans les eaux de sources, riches en émanation de radium. En fait on a déjà signalé cet élément dans les gaz de différentes sources thermales. Il serait intéressant d'étudier à ce point les exhalaisons de Battaglia. D'une manière générale comme l'a déjà indiqué M. Himstedt les produits d'origine volcanique méritent un examen attentif au point de vue de leur radioactivité probable.

En outre, il est naturel d'admettre que la radioactivité du Fango, ainsi que la forte teneur en émanation des eaux thermales doivent être en relation étroite avec les propriétés curatives de ces substances. Nous avons déjà nous-mêmes, dans notre communication antérieure, émis en passant une hypothèse de ce genre sur l'action physiologique de l'air des altitudes généralement très ionisé [1]. Cette manière de voir trouve une certaine confirmation dans les observations systématiques entreprises par M. Saake dans la vallée d'Arosa [2] et qui ont établi pour l'air de cette station une teneur élevée en émanation. A cela s'ajoute le fait que les rayons de radium exercent une très forte excitation aussi bien sur l'épiderme que sur le système nerveux [3]. Mais il faudra de la part des physiologistes des recherches suivies, minutieuses, soumises à une critique impartiale avant qu'on puisse prononcer un jugement sûr à l'égard d'une action physiologique de l'émanation atmosphérique et terrestre.

Wolfenbüttel, fin décembre 1903.

[1] *Archives des Sciences*, l. c., p. 124.
[2] *Physikalische Zeitschrift*, 1903, p. 626.
[3] M J. Danysz, *C. R.*, 1903, 136, p. 461.

LA
THÉORIE DES ACIERS AU NICKEL

par **Ch.-Éd. GUILLAUME**

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

Les propriétés que possèdent les alliages du fer avec le nickel sont si inattendues et paraissent à première vue si bizarres, qu'on a pu douter tout d'abord qu'il fût possible de les rattacher, par une théorie générale, à un petit nombre de faits primordiaux, dont les anomalies observées ne fussent que des conséquences naturelles et logiques.

Ce qu'on observe en premier lieu, c'est qu'en effet les propriétés essentielles du fer et du nickel ont disparu de leurs alliages, et l'on est alors conduit à considérer ces derniers non point comme des mélanges, mais comme de véritables combinaisons chimiques. Cette idée se trouve singulièrement renforcée si l'on remarque que les alliages correspondant à des formules telles que Fe^2Ni ou Fe^3Ni ou encore $FeNi^2$ possèdent des propriétés particulièrement nettes, constituant en quelque sorte le maximum des anomalies constatées. C'est donc dans cette direction des combinaisons définies que j'ai d'abord cherché à établir une théorie des

aciers au nickel, dont j'ai donné une esquisse dans les dernières pages d'un précédent mémoire [1].

Cependant, cette théorie n'était pas en tous points satisfaisante ; elle ne rendait compte qu'insuffisamment de la continuité constatée dans la variation des propriétés des alliages avec la teneur, et l'on pouvait espérer, en cherchant dans une autre voie, trouver un accord plus parfait entre les idées et les faits.

S'il est exact que, à première vue, les propriétés essentielles des constituants n'existent pas dans les alliages dont nous nous occupons, on reconnaît en revanche, lorsqu'on examine les faits de plus près, que les propriétés qui avaient disparu se manifestent dans des conditions particulières, considérablement déformées, il est vrai, et surtout fortement déplacées dans l'échelle des températures. En réalité, les divers états du fer et du nickel se retrouvent dans leurs alliages, et l'on peut y saisir aisément le passage d'un état à l'autre mais — et ceci est à retenir — dans des conditions très différentes de celles dans lesquelles s'effectue ce passage dans les métaux isolés.

Partant de cette observation, on peut établir une théorie complète des aciers au nickel, qui, malgré les quelques obscurités qu'elle laisse encore subsister, semble susceptible d'expliquer tous les faits connus. Proposée d'abord par M. Le Chatelier et M. Osmond, cette théorie allotropique m'a paru d'autant plus satisfaisante que j'ai pu la mettre à l'épreuve sur un plus grand nombre de faits disparates. D'ailleurs, tout en modifiant

[1] Recherches sur le nickel et ses alliages. *Archives*, 4e série, t. V, p. 318; 1898.

profondément, en certains de ses points, la théorie que j'ai précédemment exposée, j'en conserverai une idée qui me paraît essentielle ; c'est la coexistence, dans les aciers au nickel, de deux phénomènes distincts, l'un d'ordre physique, l'autre de nature plutôt chimique, dont toutes les manifestations se superposent, ne laissant apparaître que leur somme. C'est sur le genre des transformations de nature chimique que porteront surtout les différences entre la théorie que j'ai ébauchée autrefois et celle dont je vais essayer d'exposer les traits essentiels, renvoyant pour le détail à une étude plus complète, récemment publiée [1]. Quelques allusions ont été faites par avance à cette théorie au cours d'un précédent mémoire [2].

Rappel de quelques propriétés des aciers au nickel

La description déjà donnée des propriétés des aciers au nickel, me dispense d'en reproduire ici le détail. Je pourrai me borner à les rappeler, en insistant surtout sur les corrélations qui existent entre elles, et en faisant ressortir l'unité de cause qu'elles permettent de prévoir.

[1] La théorie des aciers au nickel. (*Revue générale des sciences*, 15 et 30 juillet 1903). Voir aussi les développements donnés à certains points de cette théorie par M. L. Dumas et M. F. Osmond (*Ibid.*, 15 et 30 août 1903). Un résumé de ce travail a été présenté au Comité international des Poids et Mesures dans sa session d'avril 1903.

[1] Les applications des aciers au nickel, *Archives*, mars 1903, t. XV, p. 249 ; avril, p. 403 ; mai, p. 514 ; juin, p. 623 ; août, t. XVI, p. 172 ; septembre, p. 273 ; novembre, p. 501.

Portons en abscisses (fig. 1) les teneurs des alliages en fer et en nickel. A l'extrémité gauche du diagramme, nous représenterons le fer pur ; à droite, le nickel pur ; et, entre ces deux points, tous les alliages du fer et du nickel, en compositions centésimales. En

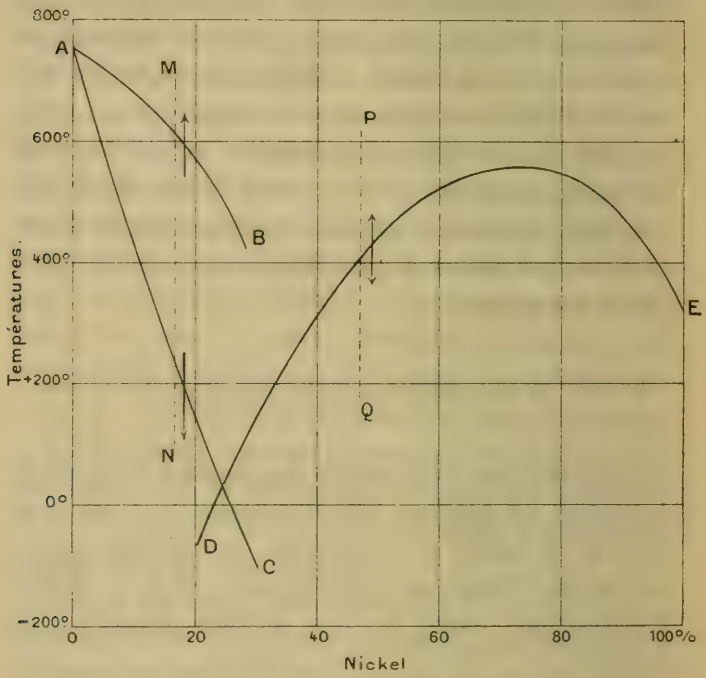


Fig. 1.

ordonnées, nous porterons les températures ; les courbes AB, AC, DE nous donneront alors les températures où le magnétisme apparaît ou disparaît pour les alliages dont la composition est définie par les abscisses. Les courbes, telles qu'elles sont tracées au diagramme, correspondent à des alliages industriels de fer et de nickel, et non à des alliages purs; pour ces derniers,

très difficiles à préparer, la courbe AC devrait être un peu remontée.

Nous voyons que, dans les alliages riches en fer, les transformations sont données par deux courbes distinctes : l'une, AC marque l'apparition du magnétisme à température descendante, l'autre AB, indique sa disparition à température ascendante. Entre ces deux courbes, l'alliage est magnétique ou non magnétique suivant que la région intermédiaire est atteinte en remontant des températures inférieures à AC, ou en descendant de celles qui sont supérieures à AB.

Dans la partie droite du diagramme, au contraire, le phénomène est régi, au moins en première approximation, par une seule courbe DE, à la traversée de laquelle le magnétisme apparaît ou disparaît.

Ainsi que l'a montré M. Dumas, les courbes se traversent de telle sorte, par exemple, qu'à droite du point de croisement de AC et DE un alliage faiblement refroidi perd son magnétisme en traversant DE de bas en haut, tandis qu'il le conserve s'il a été refroidi de manière à avoir atteint des températures inférieures à AC. Je reviendrai plus loin sur ce fait intéressant.

Supposons maintenant que nous prenions, comme troisième coordonnée, perpendiculaire au plan du tableau, la valeur d'une des trois propriétés : susceptibilité magnétique, allongement relatif d'une barre d'alliage, et module d'élasticité. Nous pourrons alors définir des surfaces qui donneront la valeur de chacune de ces propriétés en fonction de la teneur et de la température. Pour nous représenter approximativement la forme de ces surfaces, il suffira d'en faire des coupes par des plans verticaux, perpendiculaires au plan de la figure.

En opérant ainsi, nous sommes conduits au tracé des diagrammes (fig. 2). Les températures sont portées ici en abscisses, la valeur de la propriété considérée en

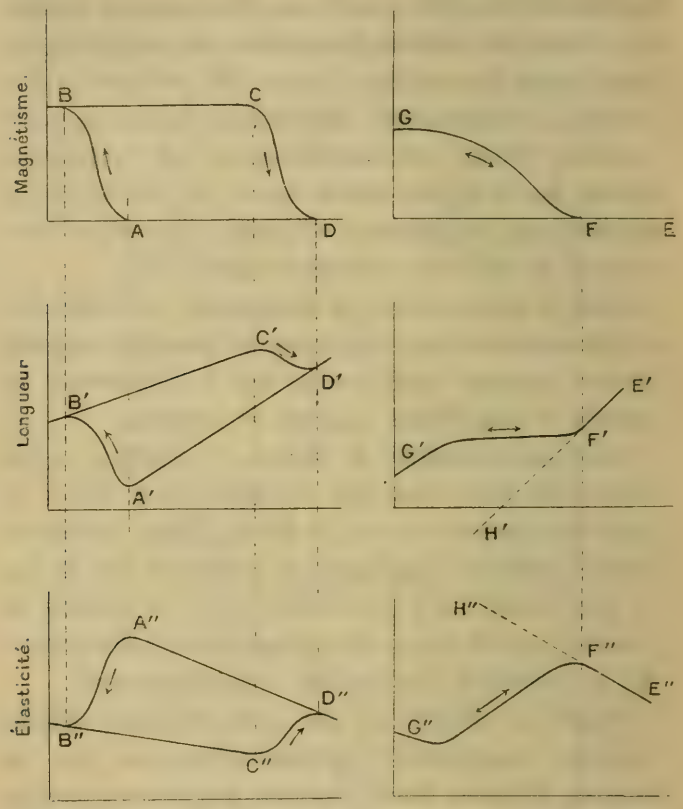


Fig. 2.

ordonnées. Les courbes de gauche se rapportent à la coupe MN, celles de droite à la coupe PQ du précédent diagramme.

Nous voyons d'abord que, si l'on refroidit un alliage à faible teneur en nickel, le magnétisme apparaît à une certaine température, augmente graduellement, et

atteint bientôt une valeur limite. Si l'on réchauffe, le magnétisme se conserve jusqu'à ce que, à une température élevée, il commence à baisser rapidement, pour s'annuler un peu plus haut[1]. Les deux régions de transformation ne peuvent être parcourues que dans un sens.

Le deuxième diagramme nous montre les variations de longueur d'une barre de même alliage[2]. Partant d'une température élevée, cette barre se raccourcit en passant de D′ jusqu'au point A′. Si l'on refroidit encore, la barre s'allonge suivant A′B′ ; puis, lorsqu'on réchauffe, elle augmente le long de B′C′, et, enfin, rejoint le point D′, en se contractant de nouveau le long de C′D′. L'inclinaison de la ligne A′D′ est de 18 millionièmes; celle de B′C′ de 10 à 11 millionièmes. Si la transformation est restée incomplète, c'est-à-dire si l'on s'est arrêté le long de A′B′ ou de C′D′, l'alliage pourra posséder un coefficient de dilatation quelconque entre ces deux valeurs extrêmes.

Conformément au troisième diagramme, l'alliage éprouve, en se refroidissant, une augmentation du module d'élasticité, jusqu'à ce qu'il atteigne une température définie par l'abscisse du point A″ ; à ce moment, le module commence à baisser avec la température, en suivant la courbe A″B″[3]. Le réchauffement fait passer le module par B″C″ et le ramène enfin à D″.

[1] La forme des courbes magnétiques dépend de la valeur du champ, et n'est pas aussi simple en réalité que semblerait l'indiquer la figure. La courbe définissant la transformation supérieure est encore assez mal connue; mais, pour l'établissement d'une théorie, il suffit de savoir que cette transformation existe.

[2] Recherches, etc., *Archives*, **4**, t. V, pl. IV, fig. 3.

[3] *Ibib.*, p. 36, et Les applications des aciers au nickel, *Archives*, **4**, t. XV, p. 272.

La comparaison des trois courbes nous montre que l'apparition du magnétisme est accompagnée de deux phénomènes anormaux : une augmentation du volume et une diminution du module d'élasticité au refroidissement. Les trois phénomènes semblent être simultanés ; ils constituent donc trois indices distincts d'une même transformation.

Les trois propriétés étudiées sont définies par un cycle qui n'est réversible qu'en dehors des régions de transformation. Le long des courbes AB, CD, les phénomènes ne sont pas réversibles ; et, comme cette particularité est commune à toutes les propriétés d'un même alliage, on sera conduit, comme je l'ai fait, à désigner les alliages à faible teneur en nickel sous le nom d'*alliages à transformations irréversibles* ou plus simplement d'*alliages irréversibles*.

Dans les alliages à plus forte teneur, les phénomènes sont bien différents de ceux qui viennent d'être rappelés.

L'apparition et l'augmentation graduelle du magnétisme est représentée par une courbe telle que FG, dont la forme diffère très peu d'un alliage à l'autre, de telle sorte que, au moins en première approximation, la valeur de la susceptibilité magnétique ne dépend que de la distance, comptée en descendant sur l'axe des températures, à laquelle l'alliage se trouve au début de la transformation [1].

Les courbes E'F'G' et E''F''G'' ne sont que la reproduction de celles qui ont été précédemment données [2].

[1] E. Dumont. Recherches sur les propriétés magnétiques des aciers au nickel. (*Archives*, **4**, t. V, p. 361, 1898).

[2] Voir *Archives*, **4**, t. XV, p. 255 et 284. La forme générale de ces courbes a été déduite uniquement du principe approximatif

Le degré d'intensité de l'anomalie est représenté par la distance verticale entre ces courbes et les droites E'H', E''H''.

Ici tous les phénomènes sont représentés, en première approximation, par une fonction bien définie de la température, et les alliages de cette catégorie peuvent être caractérisés comme *réversibles*. Le début de l'anomalie de dilatation ou d'élasticité semble coïncider parfaitement avec la première apparition du ferromagnétisme ; comme pour les alliages irréversibles, nous sommes donc conduits à envisager les trois ordres de modifications simultanées que l'on observe, comme étant des indices distincts d'une même modification profonde de l'alliage.

En fait, la réversibilité n'est pas immédiate ; pour ne parler que des phénomènes bien étudiés, nous avons vu que l'invar et les alliages voisins, ramenés d'une température élevée à une température basse, ne prennent pas instantanément leur volume final, mais augmentent lentement à température invariable pour tendre vers une limite fixe. On observe sans aucun doute, dans cette lente ascension, les derniers restes du phénomène en vertu duquel l'alliage, au lieu de se contracter suivant la droite E'H', suit la courbe qu'indique l'expérience.

des états correspondants dans les aciers au nickel à diverses teneurs. Depuis qu'elles ont été publiées, la forme des courbes de dilatation a été établie expérimentalement par MM. Charpy et Grenet en concordance avec les prévisions de la théorie. (*Bull. de la Soc. d'encouragement*, t. CII, avril 1903).

Parallélisme des propriétés réversibles et irréversibles

A première vue, la réversibilité ou l'irréversibilité des transformations semble constituer un caractère fondamental des aciers au nickel. Si l'on considère, en effet, l'aspect immédiat des phénomènes, on voit qu'il est extrêmement différent dans les deux catégories d'alliages, et que ce seul caractère classe en deux groupes absolument séparés les alliages envisagés au point de vue de leur emploi. Mais, si l'on y regarde de plus près, on constate bientôt une évidente parenté entre les changements réversibles ou irréversibles des propriétés dont on vient de reconnaître l'allure.

Comparant deux à deux les figures placées côte à côte dans le diagramme ci-dessus, nous voyons que, dans le premier groupe, l'apparition du magnétisme est accompagnée d'une augmentation réelle du volume, mais que, dans le second, une diminution de la contraction à température descendante résulte de cette même apparition dans les alliages réversibles. Nous avons bien à envisager ici une augmentation *virtuelle* du volume, comme, dans les alliages de la première catégorie, nous avons observé une augmentation *réelle* et visible.

Pour l'élasticité, les changements sont encore plus évidents. Dans les deux catégories d'alliages, le module baisse au moment où le magnétisme commence à apparaître [1], et le phénomène ne se distingue, dans les deux

[1] L'apparition des propriétés anormales de la dilatation et de la variation du module d'élasticité précède peut-être un peu celle du magnétisme au refroidissement; nous en verrons plus loin la raison.

cas, que par sa réversibilité ou son irréversibilité, c'est-à-dire par le fait qu'il existe comme une fonction bien définie de la température, ou comme une fonction affectée d'hystérèse thermique.

Ces considérations nous conduisent à envisager cette hystérèse comme un caractère accessoire des phénomènes, exactement comme, dans le fer doux ou l'acier, le magnétisme est une fonction bien définie du champ instantané, ou dépend des champs antérieurs[1].

Comme complément à cette première conclusion, on en tirera immédiatement une seconde : c'est que les anomalies des alliages réversibles ou irréversibles sont régies par une même modification interne, qui se présente sous deux aspects distincts, mais dont les conséquences sont exactement semblables, si l'on ne considère que la valeur des changements simultanés des propriétés étudiées.

Propriétés du fer et du nickel

Il reste maintenant à caractériser la transformation dont les multiples conséquences apparaissent dans les propriétés d'exception des aciers au nickel ; mais, avant de pouvoir le faire, il est nécessaire de nous rendre

[1] MM. Osmond et Cartaud (Sur les fers météoriques, *C. R.*, t. CXXXVII, p. 1057, 15 décembre 1903) pensent même que l'irréversibilité disparaîtrait complètement si le refroidissement des alliages était infiniment lent ; ils considèrent la courbe des transformations à température ascendante comme la courbe des états stables de l'alliage. Des raisons indiquées dans l'exposé détaillé de la théorie qui nous occupe m'engageraient plutôt à considérer la courbe d'équilibre comme étant située très peu au-dessous de la courbe des états observés pendant la chauffe.

compte des modifications qu'éprouvent le fer et le nickel isolés l'un de l'autre.

Lorsqu'on laisse un morceau de fer pur se refroidir à partir d'une température élevée, on observe, dans la courbe de refroidissement, au moins deux arrêts, dont l'un, assez brusque, se produit au voisinage de 890° (point A_3 de M. Osmond) et dont l'autre, plus adouci, commence à 755° (point A_2), et se termine beaucoup plus bas, sans limite bien nette. Cette production de chaleur, à deux températures différentes, est l'indice de deux transformations du fer, dont les trois états distincts sont désignés, ainsi que l'a proposé M. Osmond, par les lettres α, β et γ; ce dernier est l'état naturel aux températures élevées, le premier existe seul aux températures ordinaires.

Dans le fer pur, les transformations sont réversibles, mais elles cessent de l'être lorsque le fer est mélangé à un corps tel que le nickel, le manganèse ou le carbone. De plus, les additions faites au fer pur abaissent les points de transformation, et les rapprochent généralement jusqu'à les amener à se confondre en un seul. L'une des variétés du fer, le fer β, semble alors avoir disparu.

D'après M. Osmond, le fer contenant 4 °/₀ de nickel ne possède plus qu'un point de transformation à température descendante ; à 8 °/₀, les deux transformations sont confondues aussi à température ascendante.

Les propriétés du fer se modifient en général dans le passage par les points de transformation[1] : Au-dessus

[1] La forme des cristaux de fer est différente à l'état γ et aux états inférieurs. (Osmond et Cartaud, Sur la cristallographie du

du point le plus élevé A_3, le fer est faiblement magnétique et suit les lois de Curie : sa susceptibilité magné-

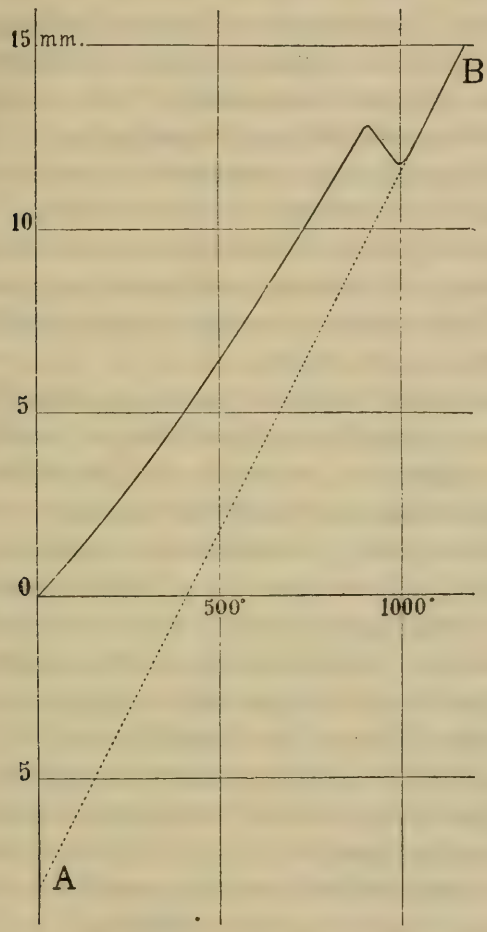


Fig. 3.

fer. *Annales des mines* 1900). Aux températures ordinaires, le fer α, le fer β et le nickel, forment des cristaux semblables (cubiques), ce qui est une condition nécessaire de leur isomorphisme.

tique est indépendante du champ, et elle est inversement proportionnelle à la température absolue. A l'état β, le magnétisme est plus prononcé, tout en restant très faible ; il ne suit plus les lois ci-dessus énoncées. Le fer α est le fer magnétique ordinaire, dont le magnétisme apparaît brusquement à 755° et augmente ensuite lentement lorsque la température s'abaisse, sans qu'on puisse assigner une limite à la transformation.

D'après les expériences de M. Le Chatelier, le passage du fer γ au fer β est accompagné d'une brusque augmentation du volume, tandis que le changement inférieur n'est marqué par aucune anomalie sensible dans la courbe de la contraction.

On sait depuis longtemps que la formule quadratique exprimant la dilatation du fer est affectée d'un deuxième terme relativement important. La dilatabilité vraie augmente rapidement avec la température, et les mesures directes de M. Le Chatelier ont montré que cette dilatabilité, qui est égale à 11,5 millionièmes environ aux températures ordinaires, atteint 17,5 millionièmes[1] vers 900°. L'inclinaison de la courbe est peu différente dans les deux régions qui se rejoignent au point A_3 ; les deux courbes dans lesquelles finit le fer β ou commence le fer γ sont sensiblement parallèles, mais se trouvent déplacées, dans le sens des ordonnées, de 3^{mm} par mètre environ (fig. 3, p. 35); c'est-à-dire que la contraction linéaire qui se produit dans le passage du fer β au fer γ est de 3 millièmes.

[1] D'après une publication récente de MM. Charpy et Grenet, *loc. cit.*, p. 464, cette dilatation est voisine de $\frac{20}{1000000}$, valeur qui rend mieux compte que celle indiquée par M. Le Chatelier des dilatations trouvées pour les aciers-nickels non magnétiques.

Le nickel éprouve aussi, à 340°, une transformation réversible, caractérisée par la disparition définitive du ferro-magnétisme au réchauffement et par sa réapparition au refroidissement. Le dégagement de chaleur dans cette région de température, sans être très marqué, est cependant sensible ; mais il ne semble pas que le nickel éprouve, à aucune température, une variation brusque de volume. Seulement la courbure de la ligne représentant la dilatation en fonction de la température est notablement moindre aux températures élevées qu'aux températures basses, auxquelles le phénomène est d'ailleurs si régulier qu'en extrapolant jusqu'à 250° les résultats de mes propres expériences sur la dilatation du nickel, on retrouve presque identiquement les valeurs mesurées directement par MM. Holborn et Day.

On sait que l'addition au nickel d'un métal non magnétique abaisse sa température de transformation et finit par annuler son magnétisme aux températures ordinaires, ou même à des températures très basses. La dilatation du nickel à l'état non magnétique est sensiblement égale à celle qu'il subit à l'état magnétique aux mêmes températures. J'ai trouvé ce fait vérifié à la fois par l'étude du nickel-chrome, non magnétique pour de faibles additions de chrome, et des alliages du nickel avec de fortes proportions de cuivre, dont la dilatation suit sensiblement la loi des mélanges, en admettant pour le nickel la dilatation trouvée dans le métal pur à l'état magnétique.

Causes des anomalies des aciers au nickel

Nous venons de voir que, des deux constituants des aciers au nickel, le fer est de beaucoup celui qui éprouve,

par le changement de la température, les modifications les plus importantes et les plus profondes. Nous savons aussi que les anomalies des alliages riches en fer sont extrêmement marquées, alors que celles des alliages voisins du nickel sont difficilement appréciables. Ainsi, tandis que les additions de nickel au fer successivement poussées jusqu'à 30 pour 100 nous amènent, à travers toutes les anomalies des alliages irréversibles, jusqu'à celles des premiers alliages réversibles, une même addition de fer au nickel fait à peine apparaître les premières traces d'une anomalie négative de dilatation[1].

Cette simple remarque nous conduit à chercher dans les transformations du fer la cause principale des anomalies de ses alliages avec le nickel ; et cette première indication de la nature des phénomènes étudiés prend immédiatement un sens plus précis si nous en rapprochons la constatation, faite par M. Osmond, d'une réelle continuité entre les propriétés du fer et celles des aciers au nickel, par l'abaissement progressif de la région de transformation, par l'apparition de l'irréversibilité, et par la réunion en une seule des deux transformations qui, dans le fer pur, se produisent séparément aux points A_3 et A^2_2.

Un autre argument en faveur de cette même idée nous est fourni par les aciers au manganèse très bien étudiés notamment par M. Hadfield[3]. Ce dernier métal

[1] Voir *Archives*, **4**, t. XV, p. 257.

[2] Si, comme il a été dit précédemment (note p. 32), les anomalies élastique et de dilatation devancent un peu au refroidissement l'apparition du magnétisme, c'est qu'évidemment les points A_2 et A_3 ne sont pas entièrement réunis.

[3] Voir aussi L. Guillet, Aciers au manganèse (*Bulletin de la Société d'encouragement*, t. CII, p. 421, octobre 1903).

ajouté en petite quantité au fer, produit les mêmes effets que le nickel, avec une énergie encore plus considérable pour une même addition centésimale ; ainsi, les aciers à 12 °/₀ de manganèse sont non magnétiques et très dilatables.

Si nous examinons maintenant la question au point de vue quantitatif, nous trouvons, d'une part, conformément aux expériences de M. Le Chatelier et à celles plus récentes de MM. Charpy et Grenet, que la contraction totale d'une barre de fer pur, amenée d'une température immédiatement supérieure au point A_3 jusqu'à 0°, tout en conservant le coefficient de dilatation qu'elle possède aux températures élevées serait de $\frac{8}{1000}$ environ plus considérable que celle que l'on observe, comme l'indique la droite A B de la figure 3. De cette quantité, $\frac{3}{1000}$ environ sont attribuables à la dilatation brusque qui se produit dans le passage de l'état γ à l'état β, et le reste au changement progressif du coefficient de dilatation en fonction de la température.

Or l'expérience a montré qu'un acier au nickel à 25 pour 100, amené aux températures ordinaires à l'état non magnétique, puis transformé par le passage à des températures basses, subit un allongement de l'ordre de $\frac{6}{1000}$. On en conclut que, à l'incertitude des expériences près, l'allongement constaté dans ce dernier alliage est parfaitement expliqué en supposant que le fer γ est conservé dans les aciers irréversibles jusqu'au début de l'apparition du magnétisme, et passe alors rapidement à l'état α si la température de l'alliage est encore abaissée.

La série des preuves qualitatives qui ont été précé-

demment indiquées, et cette dernière vérification quantitative sont donc bien d'accord pour faire attribuer au passage du fer de l'état γ à l'état α, passage considérablement retardé par la présence du nickel, les anomalies constatées dans les aciers au nickel irréversibles. Comme les propriétés des alliages réversibles sont évidemment liées à la même cause, on pourra en conclure que toutes les anomalies des aciers au nickel sont dues à la transformation globale du fer, fortement déplacée dans l'axe des températures, et, de plus, considérablement étalée.

D'ailleurs, ici encore, la preuve quantitative est satisfaisante. Si, dans la figure 2 (p. 28), on prolonge la droite E'F' par une ligne faiblement incurvée vers le haut, de manière à représenter, en chacun de ses points, l'inclinaison correspondant à la dilatation du mélange de nickel, de fer α et de fer γ dans les proportions indiquées par le degré de la transformation, on aboutit, lorsque la transformation est achevée, à un segment à peu près rectiligne, et parallèle à la portion G' de la courbe réellement décrite par l'alliage. Notre nouvelle courbe diffère de la courbe réelle E'F'G' en ce que nous n'avons pas tenu compte du changement positif du volume dans le passage de l'état γ à l'état α, et seulement de la variation graduelle de la dilatation entre les deux variétés du fer aux températures élevées et aux températures basses. La distance verticale des deux courbes devra indiquer l'augmentation de volume de l'alliage correspondant à la transformation du fer qu'il contient. Les courbes du type précédemment indiqué (*Archives*, t. XV, p. 255), déterminées expérimentalement comme il a été dit par

MM. Charpy et Grenet, permettent de tracer le diagramme qui vient d'être décrit. On trouve alors que la distance verticale des deux courbes parallèles correspond bien à ce que la théorie permet de prévoir.

Les preuves qui précèdent pourraient paraître irréfutables ; cependant, les alliages des deux catégories, tout en possédant une série de propriétés que nous avons reconnues être très semblables, présentent aussi certaines dissemblances qui pourraient encore faire douter de la communauté d'origine de leurs singularités. Il n'est donc pas inutile de chercher à appuyer d'une expérience directe les conclusions tirées de la comparaison des résultats rappelés ci-dessus. Voici comment cette expérience a pu être réalisée.

Un alliage contenant 30 pour 100 de nickel participe déjà, aux températures ordinaires, à l'anomalie négative de dilatation ; mais, d'autre part, s'il est à peu près exempt de carbone, il peut subir, dans l'air liquide, la transformation irréversible. Or, supposons que l'anomalie de dilatation soit liée à une autre cause que celle qui produit la transformation irréversible ; comme cette dernière est accompagnée d'un abaissement considérable de la dilatabilité de l'alliage, on devra s'attendre à trouver, dans l'alliage transformé, la superposition des deux causes d'abaissement, et l'anomalie de dilatation de l'alliage sera exagérée. Mais supposons, au contraire, que la transformation irréversible observée à très basse température soit de même nature que la transformation réversible, celle-ci n'en étant pour ainsi dire que le prélude. Alors la transformation irréversible aura définitivement fixé les transformations dont l'alliage est susceptible, et, lorsqu'on reviendra aux températures

ordinaires, la cause d'abaissement de la dilatation sera supprimée ou tout au moins fortement atténuée.

L'expérience, que j'ai pu faire grâce au bienveillant concours que m'a prêté M. d'Arsonval, a décidé en faveur de cette seconde hypothèse. Une barre de 1^m, d'un alliage contenant 30,4 pour 100 de nickel, a subi, dans l'air liquide, un allongement permanent de $3^{mm},9$; ramenée à la température ordinaire, elle a été trouvée *plus dilatable* qu'avant la transformation.

Ce résultat est décisif; il nous montre, en concordance avec nos premières conclusions, que toutes les anomalies des aciers au nickel se ramènent à une seule et même cause, la transformation allotropique du fer, modifiée par la présence du nickel, abaissée dans l'échelle des températures, généralement étalée, et affectée ou non d'hystérèse, suivant l'état de dilution de la solution réciproque du fer et du nickel.

Réversibilité et irréversibilité

Bien que n'étant qu'un caractère accessoire des transformations des aciers au nickel, l'hystérèse les différencie nettement, et on peut se demander si elle n'a pas des causes profondes dans la nature intime des transformations qui produisent les deux ordres de phénomènes.

A la suite d'une série de belles expériences, M. Dumas avait été conduit à conclure que toute addition d'un métal étranger au nickel abaisse sa courbe de transformation à peu près proportionnellement à la quantité de métal étranger, exactement comme l'addition d'un sel à un dissolvant abaisse sa température de congélation. L'addition du fer, qui remonte d'abord la

courbe de transformation fait seule exception à cette règle. Au voisinage du nickel, la transformation est toujours réversible. En revanche, si l'on incorpore au fer des métaux étrangers, la transformation prend presque toujours le caractère irréversible. M. Dumas pensait pouvoir en conclure que la transformation observée dans les alliages riches en fer est la transformation propre du fer, tandis qu'au voisinage du nickel, on constate la transformation du nickel, modifiée par la présence d'un autre métal en dissolution solide. Cette idée est singulièrement renforcée par la considération du croisement des courbes de transformation venant du fer et du nickel, dans la région des aciers à 25 °/₀ de nickel environ (fig. 1).

Cette théorie si simple semblait rendre parfaitement compte de toutes les manifestations magnétiques des transformations, et pouvait être considérée, à ce point de vue, comme extrêmement satisfaisante. Cependant, comme M. Osmond l'a fait remarquer le premier, elle explique assez mal les anomalies de dilatation, puisqu'aucune transformation du nickel ne se produit avec un changement brusque de volume; et nous avons vu, d'autre part, en examinant les indications fournies par le calcul de l'effet des transformations, qu'il ne peut subsister aucun doute sur l'origine des anomalies constatées.

Il semble résulter de l'antagonisme des idées de M. Dumas et de celles dont j'ai cherché à donner des preuves nombreuses, une contradiction qu'il importe de lever.

La solution de cette difficulté me paraît résider dans une belle expérience de M. C. Maurain, dont voici en

deux mots la conclusion : Si l'on dépose une couche extrêmement mince de fer sur un support constitué par un métal non magnétique, le fer est lui-même non magnétique et ne prend des propriétés magnétiques bien nettes que lorsque son épaisseur est suffisante. Si, au contraire, le fer est déposé sur un métal magnétique, il est magnétique sous les plus faibles épaisseurs.

Supposons qu'une couche mince de fer soit déposée sur un support de nickel ; d'après ce qui vient d'être dit, il devra être magnétique ou non magnétique en même temps que son support ; en d'autres termes, il devra adopter sa température de transformation. Il en est évidemment de même du fer extrêmement divisé ou en solution dans le nickel. On comprendra dès lors que le fer puisse, au point de vue de ses transformations magnétiques, être commandé par le nickel en excès et se comporter comme lui ; mais, la transformation se produisant, il devra apporter à l'ensemble du phénomène tous les caractères spécifiques des variations de ses propriétés qui accompagnent son changement d'état[1].

L'action pour ainsi dire excitatrice du nickel sur les transformations du fer étant ainsi caractérisée, on comprendra sans peine que le nickel continue à dominer

[1] L'augmentation du volume au refroidissement, qui entraîne des pressions locales, peut, sans aucun doute, modifier l'allure des transformations, comme l'a indiqué M. Houllevigue ; c'est là un détail dont il faudra tenir compte lorsqu'on voudra suivre la théorie dans ses conséquences les plus délicates, mais dont il est difficile d'évaluer l'importance.

le phénomène aussi longtemps que le fer reste à l'état très disséminé.

A chaque température, l'équilibre s'établira de lui-même par l'existence simultanée d'une certaine proportion de fer et de nickel aux deux états possibles. Le fer α, très peu abondant, et dont les cristaux très petits sont complètement entourés de nickel (ou formant avec ce dernier des cristaux mixtes) mélangé, aussi longtemps que la transformation n'est pas complète, à une certaine proportion de fer γ, repasse en partie à ce dernier état aussitôt que la température s'élève, exactement comme la proportion d'un corps solide auquel est superposé un dissolvant liquide diminue et tend vers un nouvel équilibre lorsque s'élève la température du bain.

Mais si le fer est en excès, le nickel disséminé dans la masse n'est plus susceptible d'engendrer la dissolution aussitôt qu'une portion du premier a atteint l'état naturel aux températures basses. Le passage à l'état γ ne peut plus alors se produire que lorsque la température est assez élevée pour que le fer ait une tendance naturelle à l'atteindre, le nickel n'ayant plus alors qu'un faible appoint à fournir à la transformation.

L'excès de fer α peut se produire de deux façons différentes. Pour les très fortes teneurs en fer, il existe dès la première apparition du magnétisme. Au contraire, si la teneur est plus faible, il est nécessaire que la transformation soit déjà accentuée pour ne plus être susceptible de revenir en arrière aux températures où elle s'est produite. L'alliage est alors réversible pour de faibles transformations et irréversible pour un état plus avancé. C'est ainsi que l'on peut tenter d'expli-

quer le passage, sous la courbe des transformations réversibles, de celle qui marque le début des transformations définitivement fixées[1].

Quelques conséquences de la théorie allotropique des aciers au nickel.

La théorie des transformations allotropiques du fer dans les aciers au nickel, opposée à celle des combinaisons définies étant maintenant bien établie, nous pouvons utiliser cette théorie pour l'établissement de certains faits qui n'ont pu être soumis à l'examen direct.

Puisque le fer a transporté ses propriétés sur ses alliages avec le nickel, on peut réciproquement partir de l'étude de ces alliages pour retrouver certaines propriétés non encore constatées dans le fer, en raison des difficultés expérimentales inhérentes aux températures auxquelles se produisent les transformations qui nous occupent. Ainsi, les alliages du fer et du nickel ayant montré que la transformation par abaissement de la température est accompagnée d'une diminution du module d'élasticité, on devra en conclure que, dans la transformation qu'il subit à l'état isolé, le fer éprouve aussi un changement de cette nature. On pourrait hésiter à préciser celle des deux transformations du fer au cours de laquelle s'opère ce changement de module, puisque, dans les alliages à haute teneur en nickel, les deux transformations sont réunies, alors qu'elles sont séparées dans le fer pur. Cependant, le

[1] Cette image du phénomène m'a été indiquée par M. Potier.

doute est facilement levé si l'on envisage le module d'élasticité comme une fonction des distances des molécules, et si l'on rapproche de cette idée le fait que la rapide variation de volume du fer se produit dans la transformation supérieure. C'est donc dans le passage par le point A_3 que doit s'effectuer le changement très rapide et de sens anomal du module dont l'existence

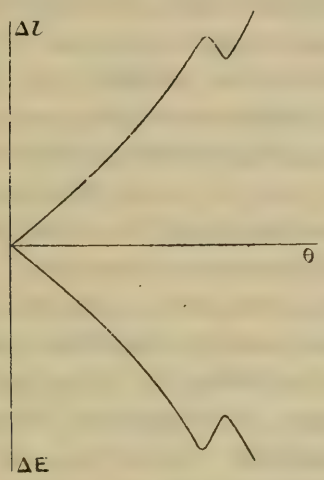


Fig. 4.

nous est révélée par l'étude des aciers au nickel; le diagramme (fig. 4) donne ainsi, en regard des dilatations mesurées dans le fer, l'allure hypothétique des changements du module.

Dans les aciers au nickel, l'intensité des anomalies devra nécessairement être proportionnelle à la quantité de fer présent dans l'alliage. Ce n'est pas à dire que l'écart entre la dilatation normale et la dilatation vraie doive être, au maximum, proportionnel à la teneur en fer, car la vitesse de transformation ou plus

exactement la loi de l'équilibre en fonction de la température, qui n'a pas encore été établie, peut intervenir pour modifier le phénomène ; mais ce que la théorie permet de fixer avec sûreté, c'est la distance entre les deux courbes prolongées qui représentent les dilatations en dehors de la région de transformation. Ces deux courbes seront très voisines dans les alliages riches en nickel, et atteindront le maximum de leur écartement dans les alliages les plus riches en fer, susceptibles d'être refroidis assez pour effectuer toute leur transformation réversible sans arriver dans la région des transformations irréversibles. Elle sera exagérée dans les aciers au nickel fortement carburés, à la condition que les températures réalisables permettent d'atteindre la complète transformation.

L'intensité de l'anomalie en chaque point, c'est-à-dire la différence entre la dilatabilité constatée et celle qui devrait se produire si elle n'était pas modifiée par la transformation, est évidemment d'autant plus marquée que l'anomalie s'achève dans un intervalle de température plus restreint.

Or, ainsi que l'a indiqué M. Osmond, la transformation étudiée par le développement de chaleur au refroidissement, ou par l'augmentation graduelle du magnétisme, est assez brusque au voisinage de la température maxima de la transformation, c'est-à-dire pour les alliages correspondant au maximum de la courbe DE (fig. 1), et va en s'étalant de part et d'autre de ce maximum. Donc, bien que l'alliage correspondant au maximum ne contienne qu'un tiers de fer environ, il devra posséder, sur un intervalle de température restreint, voisin de 550°, une dilatabilité ren-

versée. Vers les fortes teneurs en fer, l'effet du ralentissement de la transformation devra contrebalancer en partie celui de l'augmentation du corps actif, et on pourra observer au plein de la transformation des dilatabilités peu différentes les unes des autres pour des alliages de teneurs diverses. La dilatabilité minima se produira pour chaque alliage à des températures qui iront en s'abaissant à mesure que diminuera la teneur en nickel; et on possèdera, grâce à cette propriété particulière de la transformation de ces alliages, des corps métalliques de très faible dilatabilité dans une région quelconque de l'échelle des températures, entre certaines limites étendues.

On pourrait déduire diverses autres conséquences particulières de la théorie exposée ci-dessus: celles qui viennent d'être indiquées montrent suffisamment la direction dans laquelle elles peuvent être cherchées; mais je voudrais en faire ressortir encore une d'un ordre plus général. L'existence d'alliages à très faible dilatation est liée à celle d'un métal susceptible d'éprouver des transformations avec changement anomal du volume, et à la possibilité d'étaler ces transformations et de les ramener dans la région des températures où elles peuvent être utilisées. Or, parmi les métaux usuels, le fer et l'étain sont seuls dans ce cas; les alliages non dilatables doivent donc contenir une forte proportion de fer ou d'étain. Mais s'il est vrai que les propriétés magnétiques des constituants de l'alliage doivent jouer, dans l'équilibre à toute température, le rôle qu'il a semblé naturel de leur assigner, on devra penser que les transformations auxquelles est dû l'abaissement de la dilatation ne se produiront que si le fer

est mélangé à un métal magnétique dont la température de transformation est inférieure à la sienne.

D'ailleurs, si même il était possible d'obtenir, par la voie de la dissolution solide, un équilibre entre les deux variétés de l'étain — la variété grise dont la densité est 5,8 et de la variété blanche dans laquelle elle s'accroît jusqu'à 7,3 — il est infininiment probable, d'après ce qu'on sait des conditions accompagnant cette transformation, qu'elle aurait lieu à température très basse, avec une forte hystérèse, et ne fournirait que des alliages pulvérulents.

L'anomalie de la dilatation et l'anomalie d'élasticité conduisant à des résultats pratiquement utilisables ne devraient pas, dès lors, être cherchées ailleurs que dans les aciers au nickel.

SUR

UNE NOUVELLE MÉTHODE ÉLECTROTHERMIQUE

POUR

MESURER LA PUISSANCE MOYENNE DES COURANTS DE FRÉQUENCE ÉLEVÉE

PAR

Ch.-Eug. GUYE et **Alph. BERNOUD**

Lorsqu'il s'agit de mesurer la puissance d'un courant alternatif dans un circuit sans réactance, les procédés de mesure sont sensiblement les mêmes qu'avec les courants continus ; en particulier la détermination de la puissance peut être ramenée à la mesure d'une intensité et d'une différence de potentiel.

La phase du courant coïncide alors, comme on sait, avec celle de la différence de potentiel et cela pour chacun des harmoniques.

Quelle que soit la relation périodique qui unit le courant ou la force électromotrice au temps, la puissance moyenne s'obtient donc en multipliant l'intensité efficace par la différence de potentiel efficace.

La première de ces quantités se mesure généralement avec un électrodynamomètre ou un ampèremètre thermique ; la seconde, avec un voltmètre sans self-

induction appréciable, construit le plus souvent sur un principe analogue, ou encore à l'aide d'un voltmètre électrostatique si les différences de potentiel ne sont pas trop faibles.

Mais lorsque le circuit renferme des self-inductions, des capacités, ou que le courant doit traverser des moteurs, des électrolytes ou des arcs, cette méthode n'est plus applicable, car il existe des retards de phase entre les divers harmoniques du courant et les harmoniques correspondants de la force électromotrice.

Dans ce cas la puissance a pour expression :

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T eidt$$

et cette valeur est plus petite que le produit de l'intensité par la différence de potentiel efficaces :

$$\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt}\ \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T e^2 dt} = IE$$

Si l'on pose :

$$\frac{1}{T}\int_0^T eidt = EI \cos \varphi$$

$\cos \varphi$ représente le facteur de puissance.

I. *Principales méthodes pour mesurer la puissance des courants variables.*

Nous classerons les méthodes qui permettent de déterminer la puissance consommée dans un appareil électrique, en trois catégories suivant quelles utilisent :

des instruments électrodynamiques,
» » électrostatiques,
» » électrothermiques.

Pour abréger, nous appellerons les premières méthodes électrodynamiques et nous emploierons des expressions analogues pour les deux autres.

A. *Méthodes électrodynamiques.* Le wattmètre est l'instrument principal employé dans ces méthodes de mesure.

Avec cet appareil, les corrections de self-induction et surtout celles relatives à la capacité, sont difficilement accessibles au calcul.

En effet, si les forces électromotrices et les intensités renferment des harmoniques importants de fréquence élevée, les phénomènes de capacité dans les bobines bifilaires du wattmètre introduisent d'autres causes d'erreur malaisées à apprécier.

Ces erreurs augmentent encore quand il se développe des courants de Foucault dans les masses métalliques qui entrent dans la construction de l'appareil.

Il est cependant possible d'effectuer les corrections relatives à la dérivation, si l'on connaît la forme du courant et de la tension aux bornes. Ce sera le cas si ces quantités sont des fonctions périodiques simples. Les indications de l'instrument doivent alors être multipliées par un facteur de correction dont la valeur numérique est variable dans chaque expérience[1].

Mais cette nécessité de multiplier les indications d'un wattmètre par un facteur de correction, est de toute façon une source d'erreurs.

[1] Pour un wattmètre dépourvu de capacité, cette valeur dépend de la self-induction de la dérivation et du décalage entre le cou-

Aussi a-t-on cherché à s'affranchir de cette obligation soit en ramenant ce facteur à l'unité, comme l'a fait Reisz, soit par tout autre procédé.

L'un des dispositifs employés dans ce but est celui décrit par Ernst Danielson[1].

Entre les bornes PP_1 du circuit à fil fin du wattmètre, il dispose une résistance non inductive PQ connectée en série avec deux circuits montés en parallèles. L'un des circuits comprend la bobine à fil fin du wattmètre et une résistance non inductive en série; l'autre est composé de deux bobines identiques à la bobine de fil fin montées en série et orientées de telle façon qu'il n'y ait aucune induction mutuelle entre elles; elles sont également en circuit avec une troisième résistance non inductive. Les trois résistances non inductives sont déterminées de façon à ce que les résistances ohmiques des trois tronçons principaux du circuit PP_1 soient égales.

Mais ce sont là des cas particuliers très spéciaux et,

rant et la tension. Le facteur de correction a, comme on le sait, pour expression :

$$K = \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha . \cos (\varphi - \alpha)}$$

où α désigne le déphasage dans le circuit étudié et le déphasage propre de la dérivation à fil fin.

M. Gœrner a également calculé la valeur de la puissance dans un cas particulier, celui où les courbes de tension et de courant sont représentées par des triangles équilatéraux. Elle a pour expression :

$$P = EI \left(1 - \frac{6\varphi^2}{\pi^2} + \frac{4\varphi^3}{\pi^3}\right).$$

[1] Ernst von Danielson. Méthode de compensation de la self-induction d'un enroulement à fil fin de wattmètre.

d'une façon générale, on peut dire que les méthodes électrodynamiques laissent toujours une incertitude sur la valeur réelle de la puissance consommée si les variations de régime sont très rapides et si la capacité entre en jeu.

B. *Méthodes électrostatiques*. Parmi celles-ci, il faut citer surtout la méthode de Potier. Nous renvoyons le lecteur pour sa description détaillée, à l'excellent traité de M. Armagnat sur les *Mesures électriques*.

Rappelons seulement que la puissance mesurée a pour expression :

$$P = \frac{d_1 - d_2}{2\,NR}$$

dans laquelle d_1 et d_2 sont les déviations observées à l'électromètre, R une résistance sans self-induction, N une constante qui dépend de la construction de l'électromètre. La méthode de Potier nécessite comme on voit deux lectures successives si l'on ne dispose que d'un seul électromètre. Mais par l'emploi de leur électromètre-wattmètre, MM. Blondlot et Curie ont réduit la mesure de la puissance à une seule lecture. Cette méthode est, à notre avis, une des plus élégantes.

Mais les méthodes électrostatiques ont l'inconvénient d'exiger des appareils généralement délicats, surtout si leur sensibilité a été exagérée.

En outre, sauf lorsqu'il s'agit d'instruments symétriques du type de l'électromètre de Blondlot et Curie, dans lequel les couples perturbateurs sont éliminés par la symétrie de l'instrument, ces appareils nécessitent un étalonnage préalable.

Enfin, il convient de mentionner qu'avec des appareils électrostatiques, la capacité de l'instrument peut,

suivant les expériences, altérer les conditions du régime. C'est le cas avec les fréquences très élevées.

C. *Méthodes électrothermiques*. Nous choisirons comme type de ces méthodes, la méthode dite des trois voltmètres d'Ayrton et Sumpner, car notre nouveau procédé en dérive.

Dans cette méthode, la résistance R et le circuit r sont placés en série et trois voltmètres E, E_1, E_2 donnent les différences de potentiel efficaces aux bornes de R et r.

La puissance moyenne est alors donnée par :

$$P = \frac{1}{2R}(E^2 - E_1^2 - E_2^2)$$

Si ε est l'erreur relative commise dans chaque lecture, l'erreur absolue sera :

$$\frac{dP}{P} = \varepsilon \frac{E^2 + E_1^2 + E_2^2}{E^2 - E_1^2 - E_2^2}$$

expression qui sera minimum pour $E_1 = E_2$ (voir Armagnat loc. cit.)

Cette condition s'obtient en choisissant R convenablement. Cependant il est nécessaire que R augmente en même temps que la différence de phase entre e et i et même dans les conditions les plus favorables l'erreur relative est encore :

$$\frac{dP}{P} = \frac{2 + \cos\varphi}{\cos\varphi}\varepsilon$$

D'autres corrections sont encore nécessaires ; il faut diminuer P de la puissance consommée dans le voltmètre E_1 et tenir compte de la variation de R quand E_2 est mis en dérivation.

Fleming a modifié la méthode en plaçant la résistance R en dérivation et en remplaçant les trois voltmètres par trois ampèremètres.

On a alors :

$$P = \frac{R}{2}\left(I^2 - I_1^2 - I_2^2\right),$$

mais les mêmes causes d'erreur subsistent comme dans la méthode précédente[1].

II. *Principe de la méthode nouvelle.*

Toutes ces méthodes, lors même qu'elles sont utilisées avec des instruments très bien étalonnés, ont un défaut commun quand il s'agit de déterminer la puissance électrique moyenne absorbée.

Supposons, par exemple, que l'on ait à étudier le fonctionnement d'un appareil alimenté par des courants d'intensité variable, présentant une grande instabilité, les wattmètres et autres instruments de mesure suivent les fluctuations du courant, et la valeur moyenne des

[1] Ayrton a proposé une méthode dans laquelle on emploie un voltmètre et deux ampèremètres.

La résistance R et le circuit dans lequel est consommé l'énergie sont connectés en parallèles.

L'un des ampèremètres est placé dans la dérivation R, l'autre dans le circuit principal ; le voltmètre est aux bornes de r.

Si A_1, A_2 et V sont les valeurs en ampères et en volts des lectures, l'expression de la puissance est :

$$P = \frac{R}{2}\left[A_2^2 - A_1^2 - \left(\frac{V}{R}\right)^2\right]$$

lectures peut ne pas fournir la vraie valeur de la puissance, expérimentalement impossible à déterminer.

Ce sera le cas quand il faudra mesurer la puissance consommée dans des arcs fonctionnant dans la zone d'instabilité ; ou bien, si l'on veut estimer la puissance absorbée dans un interrupteur électrolytique, alors que la température de l'électrolyte et les dimensions de l'ouverture (interrupteur Simon) sont des causes de perturbations et de variations continuelles.

En d'autres mots, indépendamment des variations très rapides correspondant à la fréquence du courant, variations dont l'action est le plus souvent éliminée par l'inertie même des pièces mobiles des appareils et des index, il peut se produire des changements de régime continuels et plus lents qui rendent les lectures pratiquement impossibles.

Cette incertitude augmente encore quand il est nécessaire (comme dans la méthode des trois voltmètres ou des trois ampèremètres) d'effectuer simultanément plusieurs lectures. Alors l'opérateur, quelle que soit son habileté, ne peut plus noter les valeurs instantanées et simultanées des lectures d'instruments qu'il doit relever.

Il était intéressant de rechercher une méthode qui, tout en conservant le principe irréprochable des méthodes électrothermiques exposées plus haut, rendit possible l'intégration de la puissance pendant la durée d'une expérience.

Nous nous sommes arrêtés au dispositif suivant, qui présente sur la méthode dite des trois ampèremètres l'avantage de n'exiger que deux séries de lectures principales, la troisième mesure ne servant qu'à effectuer une correction secondaire.

On sait que dans la méthode des trois ampèremètres le travail consommé a pour expression :

$$(1) \qquad W = \frac{R}{2}\left[\int_0^T i^2 dt - \int_0^T i_1^2 dt - \int_0^T i_2^2 dt\right]$$

R étant la résistance de la dérivation sans self-induction ;

i le courant total,

i_1 le courant utilisé,

i_2 le courant dérivé par R,

T la durée de l'expérience.

Supposons que l'on remplace les trois ampèremètres par trois résistances r, r_1, r_2 parfaitement égales et de résistance indépendante de la température (fil de constantane) et que l'on mesure la quantité de chaleur Q_1 dégagée par le courant total i, d'une part, et la quantité Q_2 dégagée par les courants i_1 et i_2 d'autre part, on a alors :

$$(2) \quad Q_1 - Q_2 = \frac{r}{J}\left[\int_0^T i^2 dt - \left(\int_0^T i^2 dt + \int_0^T i_2^2 dt\right)\right]$$

Pour arriver à la connaissance des quantités de chaleur Q_1 et Q_2, il suffit de placer les résistances r, r_1, r_2, traversées par les courants, dans des calorimètres.

Dans cette méthode, la résistance R traversée par le courant total i est placée dans un premier calorimètre, les résistances r_1 et r_2 traversées par les courants i_1 et i_2 sont placées ensembles dans un second calorimètre.

Les différences des indications des calorimètres, toutes corrections faites, donnent la différence des chaleurs dégagées $Q_1 - Q_2$.

De l'équation (2) on tire alors :

$$\int_0^T i^2 dt - \left(\int_0^T i_1^2 dt + \int_0^T i_2^2 dt\right) = (Q_1 - Q_2)\frac{J}{r}$$

et en remplaçant dans l'équation (I) on a en définitive :

$$W = \frac{RJ}{2r}(Q_1 - Q_2) = A\,(Q_1 - Q_2) \qquad \text{(I)}$$

W représente ici le travail absorbé ; en divisant W par le temps T durant lequel le courant a passé dans les calorimètres et les instruments, on a la puissance moyenne absorbée P.

Nous voyons que cette puissance absorbée est proportionnelle à la différence des chaleurs dégagées dans les calorimètres. Elle peut se déduire de deux mesures seulement. Nous verrons plus loin dans les applications quelles sont les corrections à effectuer et quel est leur ordre de grandeur.

III. *Dispositif et détail des expériences.*

Chaque calorimètre était formé d'une petite cuve d'argent d'une capacité de 200 cc. environ.

Cette cuve, placée à l'intérieur d'un double cylindre de laiton rempli d'eau, était recouverte d'un disque de bois percé de deux ouvertures circulaires ; l'une laissait passer le thermomètre, l'autre un agitateur en argent. La valeur en eau de ces deux objets était 6,5. L'agitateur, actionné par un petit moteur électrique, fonctionnait très régulièrement. La quantité d'eau des calorimètres était la même dans chaque expérience ; elle était mesurée au moyen d'un flacon paraffiné à l'inté-

rieur, ce qui évitait toute perte d'eau par adhésion aux parois du flacon.

Les thermomètres permettaient d'apprécier au moyen d'un viseur l'espace correspondant à une variation d'un millième de degré. Ils avaient été comparés l'un à l'autre et trouvés identiques à moins de $^1/_{100}$ de degré près.

Au couvercle même du calorimètre était fixé un croisillon de mica sur lequel s'enroulaient bifilairement *quelques spires* d'un fil de constantane. Dans l'un des calorimètres plongeait la spirale r, dans l'autre les spirales r_1 et r_2 superposées sur le même croisillon sans contact.

Ces trois spirales avaient été mesurées et leurs résistances étaient parfaitement égales et de valeur 5Ω, 18.

La résistance R, sans self-induction ni capacité, était constituée par une lampe à incandescence, préalablement remplie d'huile afin de diminuer les variations de température et par conséquent les variations de résistance aux divers régimes.

Sa résistance a été mesurée pour diverses intensités de courant.

En construisant une courbe continue avec ces données, on pouvait connaître pour chaque intensité de courant la valeur de la résistance R ; cette courbe a été utilisée plus tard pour la correction des expériences.

Dans un appareil définitif, il serait avantageux, pour éviter toute correction de cette nature, d'employer un plus grand nombres de lampes en série et en parallèle, afin de diminuer dans de plus larges limites d'intensité les variations de résistance dues à l'échauffement, va-

riations qui modifient quelque peu la valeur de la constante A de l'appareil aux divers régimes (équation I).

Mais notre but étant avant tout de rendre la méthode indépendante autant que possible des effets de self-induction et de capacité, nous n'avons pas employé de résistance métallique pour R.

En utilisant une lampe, nous rendions la constante de temps très petite, et nous supprimions les effets de capacité qui ne manquent pas de se produire dans des bobines bifilaires lorsque les variations de la force électromotrice sont très rapides. Nous avons donc préféré effectuer la correction parfaitement calculable que nécessite l'emploi de la lampe, plutôt que d'introduire des résistances dont la self-induction et surtout la capacité auraient fait reparaître les incertitudes des autres méthodes.

Les mesures du travail consommé pouvant durer plusieurs minutes, il est nécessaire d'effectuer la correction du refroidissement des calorimètres.

A cet effet la durée de l'expérience est divisée en trois périodes que nous appellerons : la période antérieure, la période principale et la période postérieure.

Pendant la période antérieure le circuit électrique est ouvert et nous lisons les températures des calorimètres de minute en minute. Soit t_0 et θ_0 la première et la dernière de ces lectures, et p leur nombre.

Au moment où la température θ_0 est lue, on ferme le circuit; immédiatement l'eau des calorimètres s'échauffe. Puis au bout d'un laps de temps déterminé (trois, cinq minutes), on interrompt le courant. La température de l'eau monte encore jusqu'à une valeur θ_n à

partir de laquelle elle redescend régulièrement. L'ensemble des lectures de θ_0 à θ_n constitue la période principale et $\theta_n - \theta_0$ est l'accroissement de température qu'il s'agit de corriger.

A partir de θ_n, les lectures des thermomètres sont poursuivies pendant quelques minutes jusqu'à une température t_n et soit r le nombre de ces lectures. De θ_n à t_n nous avons la période postérieure.

Cette méthode dite de Regnault-Pfaundler, conduit à la formule de correction suivante :

$$\text{I} \qquad \Sigma v = nv + \frac{v' - v}{\theta' - \theta}\left(\Sigma_1^{n-1}\theta + \frac{\theta_0 + \theta_n}{2} - n\theta\right)$$

Σv représente la perte ou le gain de chaleur du calorimètre (positif ou négatif); c'est la quantité dont nous devons augmenter ou diminuer l'expression $\theta - \theta_0$[1].

[1] Nous donnons ci-dessous la signification de θ, θ', v, v' etc. :

n = nombre des intervalles de temps (minutes) pendant la période principale.

v = perte de chaleur par minute pendant la période antérieure.

$$v = \frac{\theta_0 - t_0}{p}$$

v' = perte de chaleur par minute pendant la période postérieure.

$$v' = \frac{\theta_n - t_n}{r}$$

θ = température moyenne du calorimètre pendant la période antérieure :

$$\theta = \frac{t_0 + \theta_0}{2}$$

θ' = température moyenne du calorimètre pendant la période postérieure :

$$\theta' = \frac{\theta_n + t_n}{2}$$

$$\Sigma_1^{n-1}\theta = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \cdots \theta_{n-1}$$

c'est-à-dire la somme des températures lues à intervalles d'une

L'élévation de la température dans un calorimètre est donc donnée par l'expression :

$$E = \theta_0 - \theta_n + \Sigma v$$

et la chaleur dégagée s'obtient en multipliant E par la valeur totale en eau des calorimètres.

Cette valeur dans les expériences était de 200.

Par conséquent :

$$Q = E. 200$$

Les lectures des deux thermomètres ne pouvant être simultanées, elles furent expérimentalement décalées de trente secondes. Afin de les rendre contemporaines dans les calculs, nous avons déterminé par interpolation les lectures de l'un des thermomètres.

V. *Expériences préliminaires.*

Afin de connaître exactement le degré de précision que permet d'atteindre cette méthode, nous avons procédé à quelques expériences préliminaires.

Ces expériences consistaient à faire passer à travers les spirales r, r_1, r_2, des courants dont le rapport des intensités était connu et à observer si les chaleurs mesurées correspondaient bien à ces intensités.

minute pendant la période principale, en exceptant le dernier intervalle.

En outre nous avons représenté dans les corrections, l'expression :

$$\frac{\theta_0 + \theta_n}{2} + \sum_1^{n-1} \theta \text{ par } \Sigma$$

et l'expression :

$$\frac{\theta_0 + \theta_n}{2} + \sum_1^{n-1} \theta - n\theta \text{ par } \triangle$$

Ainsi r placé en série avec r_1 ou r_2 dans des calorimètres différents, devait céder à l'eau la même quantité de chaleur que l'une ou l'autre de ces deux résistances ; les deux thermomètres devaient donc indiquer, toutes corrections faites, des élévations de température égales.

Si l'on connecte r, r_1, r_2, en série, la première spirale étant placée dans un calorimètre, les deux autres spirales ensemble dans le second, la chaleur mesurée dans ce dernier calorimètre doit être double de celle mesurée dans le premier, etc.

r	r_1	
Ta	Tb	Tc
15,040	15,073	15,073
048	080	076
056	080	080
060	084	082
064	088	086
073	093	090
079 θ_0	260	093 θ_0
429	660	460
5′ 819	16,043	5′ 15,851
16,214	420	16,231
592	800	610
946	17,008	990
17,000 θ_n	16,998	17,008 θ_n
16,984	983	003
978	972	16,991
960	960	977
954	948	966
952	935	954
935		941

Le tableau précédent montre la marche complète d'une expérience dans laquelle r est placé en série avec r_1. Les colonnes Ta et Tb contiennent les lectures tandis que Tc contient les lectures de Tb interpolées.

Dans le premier calorimètre, l'élévation de température est de 1°943 (toutes corrections faites) dans le second elle est de 1°946. Les chaleurs dégagées étant proportionnelles aux élévations de température, il est inutile de multiplier ces résultats par 200, valeur en eau totale du calorimètre.

Le tableau suivant donne les valeurs numériques des corrections de refroidissement qui entrent dans la formule II.

	Ta	Tc
θ =	15,059	15,083
v =	— 0,0065	— 0,0033
θ' =	16,967	16,974
v' =	0,011	0,011
$\Sigma_1^{n-1}\theta$ =	81,000	81,142
$\frac{\theta_0 + \theta_n}{2}$ =	16,039	16,050
Σ =	97,039	97,192
$n\theta$ =	90,354	90,498
Δ =	6,685	6,694
nv =	— 0,030	— 0,0195
$v' - v$ =	0,0175	0,0143
$\theta' - \theta$ =	1,908	1,891
Σv =	0,022	0,031

Nous résumons ci-après les résultats de ces expériences préliminaires dont le but était de rechercher le degré de précision de la méthode.

EXPÉRIENCE I (r et r_1 en série)

1er calorimètre.	2me calorimètre.
$\theta_n - \theta_0 = 1,921$	$\theta_n - \theta_0 = 1,915$
$\Sigma v = 0,022$	$\Sigma v = 0,031$
$E_2 = 1°,943$	$E_1 = 1°,946$

EXPÉRIENCE II (r et r_2 en série).

1er calorimètre.	2me calorimètre.
$\theta_n - \theta_0 = 1,467$	$\theta_n - \theta_0 = 1,483$
$\Sigma v = 0,088$	$\Sigma v = 0,089$
$E_2 = 1°,555$	$E_1 = 1°,572$

EXPÉRIENCE III (r et r_1 r_2 en parallèles).

1er calorimètre.	2me calorimètre.
$\theta_n - \theta_0 = 0,998$	$\theta_n - \theta_0 = 1,999$
$\Sigma v = 0,017$	$\Sigma v = 0,038$
$E_2 = 1°,015$	$E_1 = 2°,037$

EXPÉRIENCE IV (r et r_1 r_2 en série).

1er calorimètre.	2me calorimètre.
$\theta_n - \theta_0 = 2,945$	$\theta_n - \theta_0 = 1,478$
$\Sigma v = 0,095$	$\Sigma v = 0,0324$
$E_2 = 3°,040$	$E_1 = 1°,510$

Groupons ces résultats de façon à déterminer l'erreur maximum dans chaque mesure. A cet effet, nous supposerons que le premier de chacun de ces résultats doubles est juste et nous calculerons les différences des élévations de températures $E_1 - E_2$.

Exp.	Expérience $E_1 - E_2$	Théorie $E_1 - E_2$	Erreur absolue	Erreur relative en ‰
I	0,003	0,000	0,003	$\frac{3}{1946} = 1,5$ ‰
II	0,017	0,000	0,017	$\frac{17}{1572} = 10$ ‰
III	1,022	1,018	0,004	$\frac{4}{1018} = 4$ ‰
IV	1,530	1,520	0,110	$\frac{10}{1520} = 6$ ‰

Nous pouvons donner aux deux premières expériences une autre signification et supposer, par exemple, qu'elles sont relatives à la mesure de la puissance nulle d'un courant sinusoïdal décalé de 90° par rapport à la tension également sinusoïdale. Nous aurions alors pour les décalages réels et les décalages trouvés expérimentalement les valeurs suivantes :

	Décalage réel.	Décalage observé		
I	90°	89°	54′	42″
II	90°	89°	22′	50″

On voit que dans ces conditions la méthode s'applique bien aux courants fortement décalés; c'est dans cette occurence que les autres méthodes et particulièrement celle du wattmètre deviennent d'un emploi douteux.

En résumé, ces expériences préliminaires nous montrent que la méthode est capable de donner d'excellents résultats, même lorsque les dégagements de chaleur dans les deux calorimètres sont très différents, dans le rapport de 2 à 1 par exemple. Les corrections, en particulier celles du refroidissement, sont assez exactes pour ne pas fausser d'une façon appréciable l'estimation des chaleurs dégagées Q_1 et Q_2.

Il convient de remarquer en outre, que dans les expériences où les chaleurs dégagées Q_1 et Q_2 sont très voisines l'une de l'autre, la précision des mesures est encore très grande, car les calorimètres étant construits d'une façon identique et se trouvant symétriquement disposés, on élimine dans la différence $Q_1 - Q_2$ la plupart des erreurs systématiques qui ont dû affecter autant l'un que l'autre des deux calorimètres.

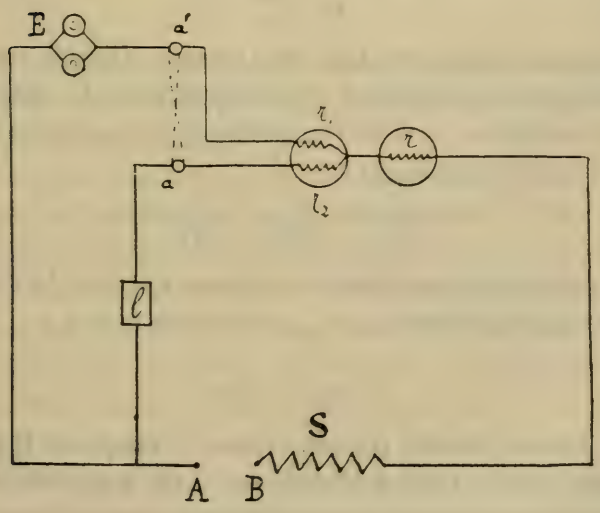
V. *Exemples d'application.*

Nous présentons ici deux exemples d'application de la méthode nouvelle à la mesure du travail consommé dans un appareil.

Dans l'un des cas, nous avons déterminé le travail absorbé par l'aimantation alternative d'un électro-aimant ; dans l'autre, le travail consommé par un interrupteur électrolytique Simon.

Dans ces deux mesures, le courant employé était celui de la ville de Genève, dont la tension est de 125 volts et la fréquence 47 à 50.

A. — *Mesure du travail et de la puissance absorbée par l'aimantation alternative d'un électro-aimant.* Le schéma de la mesure est le suivant :



E représente l'électro-aimant dont les deux bobines sont couplées parallèlement.

l est la lampe de résistance calibrée.

a est un ampèremètre qui permettra de trouver la résistance de la lampe *l* par la connaissance de l'intensité du courant qui la traverse. Il est alors possible d'effectuer la correction dont il a été parlé plus haut. La résistance de cet ampèremètre est de 1,01 ohm, entre 0 et un ampère.

a' est une résistance linéaire de $1^{\Omega},01$ également.

Au moyen d'un commutateur, l'ampèremètre *a* et la résistance *a'* peuvent être substitués l'un à l'autre sans changer le régime.

A et B sont les bornes du courant de la ville et S un rhéostat.

Dans cette mesure la résistance R de la formule :

$$W = \frac{R\,J}{2\,r}(Q_1 - Q_2) \qquad (1)$$

se compose de la résistance de la lampe, variable avec l'intensité du courant, et des résistances de la spirale de constantane r_2 et de l'ampèremètre *a*. La somme de ces deux résistance est :

$$\overset{\Omega}{1,01} + \overset{\Omega}{5,18} = \overset{\Omega}{6,19}$$

Appelons la résistance de la lampe r_e quand le courant que la traverse est i_e, la valeur de R sera :

$$R = r_e + \overset{\Omega}{6,19}$$

Dans la formule (I) nous aurons à remplacer R par cette valeur, J par 4,19 et *r* par 5,18. Mais cette valeur W ne mesurera pas seulement le travail consom-

mé dans l'électro-aimant, mais encore celui qui a été absorbé dans la spirale r_1 et dans l'ampèremètre ou sa résistance équivalente. Dans le cas particulier de ces expériences il faudra diminuer W du travail consommé dans ces deux appareils, si l'on veut obtenir le travail consommé dans l'électro-aimant seul.

Appelons i_t le courant qui passe par l'électro-aimant et soit T la durée de la mesure. La valeur du travail consommé dans la spirale et l'ampèremètre ou son équivalent est :

$$\begin{aligned} w &= (i^2_t\, r_1 + i^2_t\, 1{,}01)\, T \\ &= i^2_t\, 6{,}19\, T \end{aligned}$$

Par conséquent la vraie valeur du travail consommé dans l'électro-aimant est :

$$W_v = W - w = \frac{R\,J}{2\,r}\,(Q_1 - Q_2) - i^2_t\, 6{,}19\, T\,.$$

Nous présentons dans les tableaux suivants les résultats de mesure du travail et de la puissance absorbés dans l'électro-aimant.

Comme nous l'avons dit, les colonnes T*a* et T*b* donnent les températures lues au thermomètre. T*c* représente les lectures T*b* après l'interpolation qui les rend contemporaines des lectures de T*a*. La colonne I contient les valeurs de i_e et de i_t ainsi que celle de R.

Dans ces mesures, les lectures à l'ampèremètre n'offrent pas de difficulté ; d'ailleurs les erreurs qui peuvent se produire de ce chef *ne portent que sur des corrections*, ce qui rend leur importance relativement moindre. Ainsi quand l'intensité du courant dérivé par

la lampe varie de 0^{amp}, 70 à 0,93, la résistance de cette lampe varie entre 139 et 138 ohms. Dans cette région, pour commettre une erreur de 1 °/₀ dans l'estimation de la résistance de la lampe, il faudrait faire une erreur de plus de 25 °/₀ dans la lecture de l'ampèremètre.

En ce qui concerne la diminution de la puissance ou du travail consommé dans l'électro-aimant par le fait de la présence de l'ampèremètre et de la spirale r_1, on voit d'après les tableaux suivants que, dans le cas particulier, l'expression :

$$i^2_t \; 6{,}19 \, T$$

est plus petite que la dixième partie de l'expression :

$$\frac{R\,J}{2\,r}\,(Q_1 - Q_2)$$

Par conséquent une erreur possible de 2 °/₀ dans la lecture de i_t donnerait une erreur de 4 °/₀ sur les corrections, soit une erreur inférieure à 4 °/₀₀ sur le résultat final.

Cette erreur sera d'autant plus petite, d'ailleurs, que la puissance ou le travail consommés par l'ampèremètre et la résistance r_1 seront plus petits, relativement au travail où à la puissance à mesurer.

Travail absorbé par l'aimantation alternative d'un électro-aimant fermé par son armature.

	Ta	I.	Tb		Tc
	20,060		20,991		20,991
	072		991		991
	82	$i_e = 0,92$	991		991
	85		991		991
	90	$i_t = 0,98$	991		991 θ_o
	20,100 θ_o		21,340		21,770
	560		22,200		22,650
5′	21,080	$r_e = 138$	23,100	5′	23,520
	600		940		24,345
	22,100		24,750		25,170
	600		25,240		240 θ_n
	671 θ_n	R = 138 + 6,19	180		155
	653		132		105
	639	= 144,19	85		60
	613				
	600				

$\theta_n - \theta_o = 2,571$ $\qquad$ $\theta_n - \theta_o = 4,249$

$\Sigma v = 0,053$ $\qquad$ $\Sigma v = 0,211$

$E_2 = 2°,624$ $\qquad$ $E_1 = 4°,460$

$$W_v = \frac{144,19.\ 4,19}{2.\ \ 5,18}(4,460 - 2,624)\,200 - (0,98)^2\,6,19.\ 300$$

$$= \qquad 21\ 414 - 1783,44$$

$$= \qquad 19630,56 \text{ joules}$$

$$P = \frac{W_v}{300} = 65,43 \text{ watts}$$

Travail et puissance absorbés par l'aimantation alternative d'un électro-aimant fermé par son armature.

Ta	I	Tb	Tc
19,334		19,334	19,327
343	$i_e = 0,93$	345	340
358		360	355
371	$i_t = 0,99$	372	366
380		19,790	19,380 θ_o
391 θ_o		20,090	20,240
860	$r_e = 138$	21,595	21,135
20,380		22,067	22,010
940		043	060 θ_n
984 θ_n	R = 138 + 6,19	030	035
980		016	020
978	= 144,19	22,000	008
974		21,988	21,995
971			

$\theta_n - \theta_o = 1,593$ $\qquad$ $\theta_n - \theta_o = 2,680$

$\Sigma v = 0,010$ $\qquad$ $\Sigma v = 0,020$

$E_2 = 1°,583$ $\qquad$ $E_1 = 2°,700$

$$W_v = \frac{144,19 \cdot 4,19}{2 \cdot 5,18}(2,700 - 1,583)200 - (0,99)^2 6,19 \cdot 180$$

$$= 13028 - 1090,8$$

$$= 11937,2 \text{ joules}$$

$$P = \frac{W_v}{180} \qquad 66.31 \text{ watts}$$

Travail et puissance absorbés par l'aimantation alternative d'un électro-aimant privé de son armature.

	Ta	I	Tb		Tc
	21,312		21,540		21,540
	308		540		540
	300	$i_e = 0,90$	540		540
	300		540		540
	300 θ_o	$i_t = 0,95$	840		540 θ_o
	662		22,700		22,270
4'	22,080		23,400	4'	23,050
	481	$r_e = 138$	950		625
	904		24,520		24,480
	960 θ_n		480		520 θ_n
	940	R = 138 + 6,19	460		470
	910		420		440
	880	= 144,19	400		410
	850		380		390
	830		350		365

$\theta_n - \theta_o = 1,660$ $\qquad$ $\theta_n - \theta_o = 2,980$

$\Sigma v = 0,083$ $\qquad$ $\Sigma v = 0,094$

$E_2 = 1°,743$ $\qquad$ $E_1 = 3°,074$

$$W_v = \frac{144,19.\ 4,19}{2.\ 5,18}(3,074 - 1.743)200 - (0,95)^2\, 6,19.\ 240$$

$$= 15523 - 1339,20$$

$$= 14183,80 \text{ joules}$$

$$P = \frac{W_v}{240} = 59,10 \text{ watts}$$

B. *Mesure du travail et de la puissance absorbés par un interrupteur électrolytique Simon.* Pour exécuter cette mesure, il suffit de remplacer l'électro-aimant de la mesure précédente par l'interrupteur électrolytique. Tous les autres appareils conservent leurs

positions respectives. Il vaut mieux ne pas faire durer la mesure plus de deux minutes, car la température de l'électrolyte croît très rapidement ; de même l'ouverture pratiquée dans le verre s'agrandit, ce qui change constamment les conditions de l'expérience. Néanmoins la méthode fournit exactement les puissances et travaux moyens absorbés, quelle que soit la complexité des conditions.

Le tableau ci-dessous fournit les résultats d'une lecture de deux minutes.

Travail et puissance absorbés par un interrupteur électrolytique Simon.

	Ta	I	Tb		Tc
	18,930		18,948		18,944
	934	$i_e = 0,24$	960		954
	940		960		960
	942	$i_t = 0,73$	970		965
	943		980		975
	550 θ_o		19,101		18,985 θ_o
	19.125		420		19,261
5′	327	$r_e = 162^{\omega}$	710	5′	565
	530		20,042		876
	740		350		20,196
	940		534		510
	960 θ_n	$R = 162 + 6,19$	534		534
	954		534		534 θ_n
	943	$= 168,19$	521		527
	940		520		521
	935				
	929				

$$\theta_n - \theta_o = 1{,}010 \qquad \theta_n - \theta_o = 1{,}549$$
$$\Sigma v = 0{,}009 \qquad \Sigma v \neq 0{,}006$$
$$E_2 = 1^\circ{,}019 \qquad E_1 = 1^\circ{,}555$$

$$W_v = \frac{168{,}19.\ 4{,}19}{2.\ 5{,}18}(1{,}555 - 1{,}019)\,200 - (0{,}73)^2\,6{,}19.300$$
$$= 7292 - 989{,}59$$
$$= 6302{,}41 \text{ joules}$$
$$P = \frac{W_v}{300} = 21 \text{ watts}$$

CONCLUSION

En résumé, la nouvelle méthode électrothermique permet de mesurer le travail et la puissance moyenne consommés dans un appareil électrique, quelle que soit la forme des courbes de l'intensité et de la différence de potentiel.

Dans cette méthode plus que dans tout autre, les effets de la self-induction et de la capacité sont éliminés presque totalement, puisque les appareils où se produisent ces effets perturbateurs se réduisent à la lampe à incandescence et aux *quelques spires* de fil enroulées bifilairement. L'emploi de ce nouveau procédé de mesure ne nécessite que deux séries de lectures et une lecture d'intensité ; l'influence de cette dernière est secondaire et ne s'exerce que sur les termes de correction du résultat. Tout ceci peut constituer dans certains cas un avantage important sur les méthodes dites des trois voltmètres ou des trois ampèremètres qui, elles, exigent la lecture simultanée de trois potentiels ou de trois intensités.

Nous croyons donc que cette méthode électrothermique pourra s'appliquer dans le laboratoire à la mesure de la puissance consommée par des courants très fortement décalés ou de fréquence élevée, c'est-à-dire dans des conditions où les autres instruments et méthodes introduisent des éléments d'incertitude.

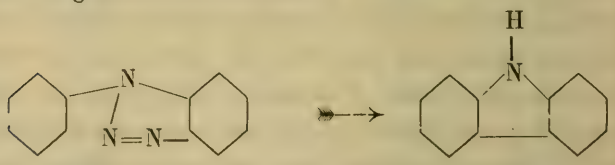
SUR

QUELQUES CARBAZOLS

PAR

E. DELÉTRA et F. ULLMANN.

Le carbazol et ses dérivés immédiats n'ont guère été obtenus jusqu'à présent que par voie pyrogénée ; l'une de ces synthèses, effectuée par Græbe et Ullmann [1], part du phénazimidobenzène qui, chauffé vers 360°, perd deux atomes d'azote et se transforme ainsi presque intégralement en carbazol :



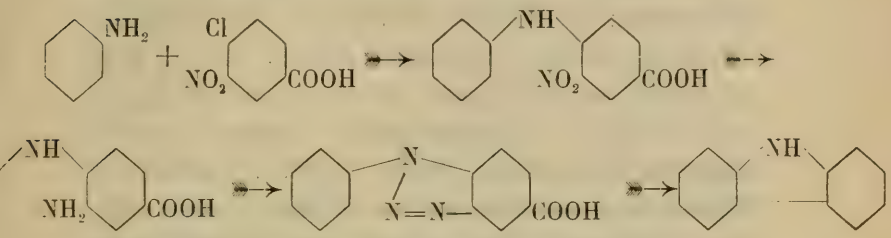
D. Kohan, un élève de F. Ullmann, ayant montré qu'on pouvait aisément obtenir par cette méthode des chlor- et des naphtocarbazols [2], il nous a paru intéressant de poursuivre cette étude et d'examiner si différents dérivés du phénazimidobenzène pouvaient être convertis avec la même facilité en carbazols correspondants. C'est ce qui a été prouvé par l'expérience ; nous

[1] Ann. 291. 16.

[2] Thèse de doctorat, Genève, 1899.

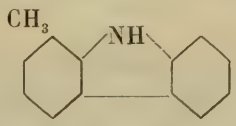
avons pu ainsi préparer des carbazols méthylés, aminés ou nitroéthylés.

La plupart des dérivés phénazimidés ont été obtenus par condensation de l'*acide 3.nitro-4.chorobenzoïque*[1] avec une amine aromatique, puis réduction du groupe nitro, et diazotation, d'après le schéma général :



L'acide nitrochlorobenzoïque lui-même a été obtenu à partir de la p.toluidine par transformation en p. chlorotoluène, puis en acide p.chlorobenzoïque qui est nitré à son tour.

I. *Préparation de l'orthométhylcarbazol.*



On condense 20 gr. d'acide 3.nitro-4.chlorobenzoïque avec 40 gr. d'o.toluidine en présence d'acétate de sodium anhydre (4 gr.), en faisant bouillir le mélange pendant 6-7 heures; l'excès de toluidine est éliminé par de l'acide chlorhydrique, puis le produit brut de condensation est transformé en sel sodique qui est décomposé à son tour par l'acide chlorhydrique.

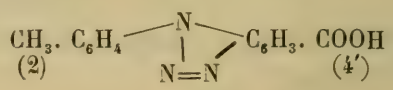
[1] Hübner, *Zeitschrift*, 1866. 615.

Nous avons réduit l'*acide o.tolylphénylamine-2'nitro-4'carbonique*[1] :

$$\underset{(2)}{CH_3}.\ C_6H_4.\ NH.\ C_6H_3.\ \underset{(2')}{NO_2}.\ \underset{(4')}{COOH}$$

ainsi obtenu (F. 212°) en en introduisant peu à peu 13 gr. dans une solution aqueuse bouillante de sulfure de sodium ; la réduction s'achève en faisant passer à chaud un courant d'hydrogène sulfuré, puis on filtre le soufre et on précipite par un acide. On obtient ainsi l'*acide o.tolylphénylamine - 2'amino - 4'carbonique* de Heidensleben, fusible à 167° ; il est dissout à chaud dans une solution de carbonate de soude, diazoté à raison de 0,5 gr. de nitrite par gr. d'acide, coulé dans de l'acide sulfurique dilué et refroidi, puis le produit brut est cristallisé dans le toluène.

L'acide o.tolylazimido-4'benzoïque :



est en petits cristaux transparents, aciculaires, fusibles à 204°, insolubles dans l'eau bouillante, solubles dans l'acide acétique et l'éther, très solubles, surtout à chaud, dans l'alcool et le benzène.

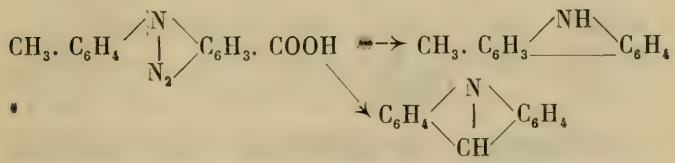
Analyse :

0,1657 gr. Sbst. 24,2 cm³ N (16°,730 mm.)
$C_{14}H_{11}N_3O_2$. Calculé : N 16,60. Trouvé : 16,35.

L'*o.méthylcarbazol* s'obtient en partant du dérivé phénazimidé précédent qu'on mélange intimément avec

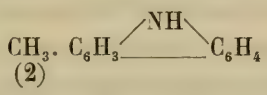
[1] Voir aussi Heidensleben, *Ber.* 23. B. 3452.

deux fois son poids de chaux vive et qu'on chauffe au bain de métal dans un ballon à distiller ; il se forme en même temps, par retournement du noyau méthylé, un peu d'acridine qu'on élimine avec de l'acide chlorhydrique :



Le méthylcarbazol est purifié par transformation en son picrate, aiguilles rouges, fusibles à 143° après cristallisation dans l'alcool, solubles dans l'alcool et le benzène. Enfin l'acide picrique est éliminé par ébullition avec l'ammoniaque.

L'*o. méthylcarbazol :*



recristallisé dans la ligroïne se présente sous forme de cristaux tabulaires blancs, fondant à 120° et colorant en vert l'acide sulfurique concentré. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'acide acétique, très soluble dans l'alcool, l'éther et le benzène, peu soluble dans la ligroïne.

Analyse :

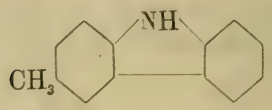
0,1680 gr. Sbst. 0,5358 gr. CO_2 ; 0,0947 gr. H_2O.
0,1187 gr. Sbst. 8,3 cm³ N (18°, 718 mm.)

$C_{13}H_{11}N$. Calculé :	C	86,20	Trouvé : 86,97
	H	6,08	6,26
	N	7,72	7,62

Analyse du picrate :

0,1107 gr. Sbst. 13,3 cm³ N (16°,733 mm.)
$C_{19}H_{14}N_4O_7$ Calculé : N 13,66. Trouvé 13,50

II. *Préparation du paraméthylcarbazol :*



Une ébullition d'un quart-d'heure suffit pour condenser l'acide nitrochlorobenzoïque avec la paratoluidine si l'on a soin d'ajouter un excès d'acétate (5 gr. pour 10 gr. d'acide) ; l'*acide p.tolylphénylamine-2' nitro-4' carbonique* s'obtient ainsi plus facilement que par la méthode de Schœpff[1] ; il est bien cristallisé en aiguilles rouges et fond à 257°. Nous l'avons réduit en introduisant dans sa solution chauffée avec de la soude caustique, de la poudre d'aluminium jusqu'à décoloration de la liqueur ; l'ébullition avec de l'acide chlorhydrique précipite le chlorhydrate qui est décomposé par ébullition avec 3 fois son poids d'acétate de sodium en solution aqueuse.

L'acide p. tolylphénylamine-2'amino-4' carbonique :

$$\underset{(4)}{CH_3}.\ C_6H_4.\ NH.\ C_6H_3.\ \underset{(2')}{NH_2}.\ \underset{(4')}{COOH}$$

recristallisé dans l'alcool est en jolies aiguilles incolores, lancéolées, fusibles à 183°. Il est presque insoluble dans l'eau, soluble dans l'acide acétique et l'alcool, peu soluble à froid, davantage à chaud dans

[1] *Ber.* 22. 3288.

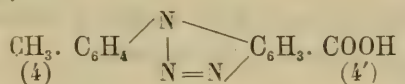
l'éther et le benzène, peu soluble dans la ligroïne ; la solution éthérée est douée d'une fluorescence violacée.

Analyse :

0,1481 gr. Sbst. 15,2 cm_3 N (18°,733 mm.)
$C_{14} H_{14} N_2 O_2$. Calculé : N 11,57. Trouvé : 11,45.

La diazotation du dérivé aminé peut s'effectuer directement à partir de son chlorhydrate qui est dissout à chaud dans une solution de carbonate de soude ; la liqueur est refroidie, additionnée de la solution de nitrite (½ gr. par gr. d'acide), et coulée sur un mélange de glace et d'acide sulfurique. Le produit brut est purifié par décomposition de son sel sodique et cristallisation dans le xylène ou le nitrobenzène.

Le point de fusion de l'*acide p.tolylazimido-4' benzoïque :*



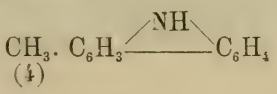
est à 267° ; ce corps, très peu soluble dans l'eau bouillante, est peu soluble dans l'éther et la ligroïne, soluble dans l'acide acétique, l'alcool et le benzène.

Analyse :

0,1126 gr. Sbst. 16,4 cm^3 N (15°,740 mm.)
$C_{14} H_{11} N_3 O_2$. Calculé : N 16,60. Trouvé : 16,59

La distillation de cette azimide sur la chaux vive donne une masse solide jaunâtre et amorphe, qui représente le p. méthylcarbazol brut ; on le purifie par cristallisation dans l'alcool ou l'acide acétique.

Le *p. méthylcarbazol :*



cristallise en jolies écailles blanches et brillantes, fusibles à 203°, et colorant temporairement l'acide sulfurique en un beau vert; l'adjonction d'acide nitrique fait réapparaître cette coloration en l'intensifiant. Ce corps est peu soluble dans la ligroïne, soluble dans l'acide acétique, l'alcool, l'éther et le benzène; ces trois dernières solutions, quoique incolores, présentent une fluorescence violette.

Analyse :

0,1834 gr. Sbst. 0,5803 gr. CO_2. 0,1027 gr. H_2O
0,1378 gr. Sbst. 9,8 cm^3 N (17°,738 mm.)

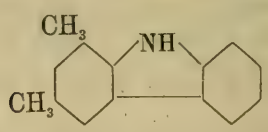
$C_{13}H_{11}N$. Calculé :	C	86,20.	Trouvé : 86,30
	H	6,08	6,22
	N	7,72	7,99

Le *picrate* est en aiguilles rouge-vif, fondant à 180°, solubles dans l'alcool et le benzène.

Analyse :

0,1190 gr. Sbst. 14,2 cm^3 N (13°,730 mm.)
$C_{19}H_{14}N_4O_7$ Calculé : N 13,66. Trouvé : 13,54.

III. *Préparation de l'orthoparadiméthylcarbazol :*



Nous avons chauffé pendant une demi-heure 20 gr. d'acide nitrochlorobenzoïque avec 60 gr. de m. xylidine et 10 gr. d'acétate, puis éliminé l'excès de xylidine par l'acide chlorhydrique, purifié le résidu par décomposition de son sel sodique et cristallisé dans l'alcool ou le benzène.

L'acide m. xylilphénylamine-2' nitro-4' carbonique :

$$\underset{(2\text{-}4)}{(CH_3)_2}.\ C_6H_3.\ NH.\ C_6H_3.\ \underset{(2')}{NO_2}.\ \underset{(4')}{COOH}$$

est une poudre cristalline rouge-vif, fusible à 213°, difficilement soluble dans l'eau bouillante, peu soluble dans la ligroïne et l'éther, soluble dans l'alcool et le benzène, facilement soluble dans l'acide acétique.

Analyse :

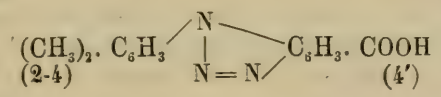
0,1483 gr. Sbst. 13 cm_3 N (16°,723 mm.)
$C_{15}\ H_{14}\ N_2\ O_4$. Calculé : N 9,79. Trouvé : 9,71.

Ce composé, réduit par la poudre d'aluminium, fournit l'acide *m. xylilphénylamine-2'amino-4'carbonique* en petites masses cristallines grisâtres, fusibles à 179°. La solubilité dans l'eau bouillante et la ligroïne est très faible, faible dans l'éther et le benzène, forte dans l'acide acétique et l'alcool.

Analyse :

0,1519 gr. Sbst. 14,6 cm^3 N (17°,735 mm.)
$C_{15}\ H_{16}\ N_2\ O_2$. Calculé : N 10,94. Trouvé : 10,78.

En diazotant, on obtient l'*acide m. xylilazimido-4' benzoïque* :

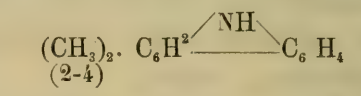


qui, recristallisé dans le nitrobenzène, se présente sous forme de prismes transparents et rosés, fusibles à 230°. L'eau bouillante et la ligroïne le dissolvent mal, l'éther et le benzène médiocrement, l'acide acétique et l'alcool assez bien.

Analyse :

0,1145 gr. Sbst. 15,6 cm³ N (17°,740 mm.)
$C_{15}H_{13}N_3O_2$. Calculé : N 15,73. Trouvé : 15,40.

En chauffant cette azimide sur la chaux, l'azote se dégage et il distille un liquide rouge-brun, se concrétant lentement, et formé d'un mélange de diméthylcarbazol et de p. méthylacridine. On élimine ce produit secondaire en dissolvant le tout dans l'éther et en épuisant avec de l'acide chlorhydrique et de l'eau. Le diméthylcarbazol cristallisant difficilement de sa solution éthérée, nous avons chassé l'éther, ajouté de l'alcool, et transformé en picrate; ce sel est décomposé par le procédé ordinaire et le résidu brut est décoloré dans la ligroïne avec du noir animal; la liqueur concentrée abandonne l'*o. p. diméthylcarbazol :*



en poudre cristalline blanche, fusible à 95°, colorant l'acide sulfurique en vert; il est insoluble dans l'eau bouillante, soluble dans l'acide acétique et la ligroïne, extrêmement soluble dans l'éther, l'alcool, l'acétone et le benzène.

Analyse :

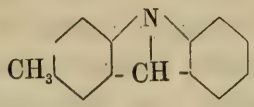
0,1518 gr. Sbst. 10,1 cm³ N (19°,737 mm.)
$C_{14}H_{13}N$. Calculé : N 7,18. Trouvé : 7,41.

Le *picrate*, recristallisé dans l'alcool, est en aiguilles rouges, fondant à 188°, assez solubles dans l'alcool et le benzène.

Analyse :

0,1230 gr. Sbst. 13,8 cm³ N (15°,737 mm.)
$C_{20}H_{16}N_4O_7$. Calculé : N 13,21. Trouvé : 12,75.

P. méthylacridine :

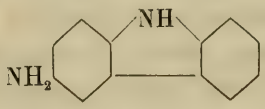


Le chlorhydrate de cette base est décomposé par la soude caustique ; après cristallisation dans la ligroïne, ce sont des aiguilles jaunâtres, brillantes, fusibles à 132°.

Analyse :

0,0450 gr. Sbst. 3 cm³ N. (14°,737 mm.)
$C_{14}H_{11}N$. Calculé : N 7,25. Trouvé : 7,60.

IV. *Préparation du paraminocarbazol :*



La méthode de préparation est différente, en ce sens que nous sommes partis directement d'un dérivé de la diphénylamine, la 2-4. dinitrodiphénylamine ; nous avons réduit le groupe orthonitré avec le sulfure de sodium d'après les indications du brevet allemand N° 85388 [1], ce qui conduit à la *2amino-4nitrodiphénylamine*. Nous avons trouvé que ce corps pur, cristallisé en aiguilles brunes, fondait à 134° alors que le brevet indique 116°-117° et Nietzki 125° [2].

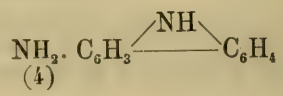
Analyse :

0,0934 gr. Sbst. 15,1 cm³ N (19°,742 mm.)
$C_{12}H_{11}N_3O_2$. Calculé : N 18,34. Trouvé : 18,13.

[1] Friedländer 4.78.
[2] *Ber.* 28. 2971.

Le chlorhydrate de cette base a été diazoté en solution acétique; la liqueur chauffée à l'ébullition avec passablement d'acide acétique, abandonne l'*azimido-4nitrophénylbenzène*[1] en jolies aiguilles grisâtres fusibles à 168°. Après avoir en vain essayé de préparer un p.nitrocarbazol en distillant cette nitrazimide, nous l'avons convertie en *phénylazimido-4amino-benzène*[2] par réduction du second groupe nitré au moyen du chlorure stanneux et de l'acide chlorhydrique ; le sel double d'étain et d'acide chlorhydrique qui se forme est décomposé par l'eau bouillante, et la liqueur précipitée par la soude caustique. Cette amine se décompose sous l'influence de la chaleur ; il nous a donc été impossible de la distiller à feu nu ou sur de la chaux, et nous avons été obligés de la mettre en suspension dans de l'huile de paraffine afin d'éviter une oxydation trop rapide. En chauffant cette émulsion vers 320°-330° dans un ballon à distiller plongeant dans un bain de métal, l'azimide se transforme normalement en aminocarbazol ; après refroidissement, on dissout l'huile de paraffine dans de la ligroïne et on transforme le résidu impur en chlorhydrate d'aminocarbazol qui est dissout dans l'eau chaude, filtré et précipité par l'ammoniaque ; il est bon de recristalliser dans le xylène.

Ce *p. aminocarbazol :*



[1] Nietzki, *loc. cit.*, qui indique comme P. F. 107°, probablement une faute d'impression pour 167°.

[2] Nietzki. *Ber.* 28. 2972.

qui se présente en écailles transparentes et incolores, fond à 254°; il communique à l'acide sulfurique une coloration bleu-azur que l'acide nitrique fait virer au pourpre. Il est soluble dans l'acide acétique, l'éther et l'alcool, ces deux dernières solutions étant douées d'une fluorescence violacée très accentuée. La ligroïne et le benzène le dissolvent mal à froid, mieux à chaud.

Analyse :

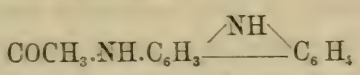
0,1397 gr. Sbst. 0,4042 gr. CO_2. 0,0708 gr. H_2O.
0,0901 gr. Sbst. 12,3 cm_3 N (18°,740 mm.)
$C_{12}H_{10}N_2$. Calculé : C 79,12. Trouvé : 78,91
H 5,50 5,63
N 15,38 15,35.

Nous avons aussi préparé le *sulfate* et le *picrate du p.aminocarbazol;* ce dernier sel est en rosettes transparentes qui, séchées à 100°, deviennent jaunes et opaques; il est soluble dans l'alcool, très peu soluble dans le benzène, et fond en se décomposant vers 220°.

Analyse :

0,1000 gr. Sbst. 14,6 cm^3 N (17°,745 mm.)
$C_{13}H_{13}N_5O_7$. Calculé : N 17,03. Trouvé : 16,64.

L'acétyl-p. aminocarbazol :



s'obtient très facilement par l'action de l'anhydride acétique sur l'aminocarbazol. Ce sont de jolies écailles brillantes et argentées, fondant à 217°, insolubles dans l'eau bouillante, peu solubles dans l'éther et le benzène, facilement dans l'acide acétique et l'alcool.

Analyse :

0,1472 gr. Sbst. 16,2 cm^3 N (18°,746 mm.)
$C_{14}H_{12}N_2O$. Calculé : N 12,50. Trouvé : 12,47.

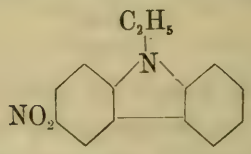
L'aminocarbazol est diazotable : copulé avec le β naphtol par exemple, il fournit une matière colorante rouge correspondant bien à la formule :

$$C_6H_4 \overset{NH}{\diagup\!\!\!\!\diagdown} C_6H_3 . N = N . C_{10}H_6 . OH.$$

ainsi que le montre *l'analyse :*

0,1155 gr. Sbst. 12 cm³ N (16°,736 mm.)
$C_{24}H_{15}N_3O$. Calculé : N 11,64. Trouvé : 11,73.

V. *Préparation du paranitroéthylcarbazol.*



Nous avons obtenu la *2-4. dinitroéthyldiphénylamine :*

$$\underset{(2\text{-}4)}{(NO_2)_2} . C_6H_3 . NC_2H_5 . C_6H_5$$

en chauffant quelques temps 20 gr. de 2-4. dinitrochlorobenzène dissouts dans 60 cm³ d'alcool avec 15 gr. d'éthylaniline et 17 gr. d'acétate ; après avoir évaporé l'alcool et laissé quelques heures au bain-marie, il s'est déposé une couche huileuse rouge ; on ajoute de l'eau et de l'acide chlorhydrique et on refroidit à -10° ; l'huile se solidifie ; on décante le liquide et on dissout la masse solide lavée à l'alcool dans passablement d'alcool chaud ; il se dépose par refroidissement l'éthyldiphénylamine dinitrée avec un rendement de 60 °/₀.

La *2-4. dinitroéthyldiphénylamine* forme de superbes cristaux lancéolés rouge-corail, fondant à 97°,5 et

colorant l'acide sulfurique en rouge-foncé ; elle est peu soluble dans l'eau bouillante et l'éther, soluble dans l'acide acétique, l'alcool et la ligroïne, très soluble dans le benzène.

Analyse :

0,2233 gr. Sbst. 0,4812 gr. CO_2. 0,0947 gr. H_2O
$C_{14}H_{13}N_3O_4$. Calculé : C 58,53. Trouvé : 58,77.
H 4,53 4,70.

La réduction du groupe orthonitré de cette base est délicate ; elle se fait de préférence par le sulfure d'ammonium, en dissolvant dans l'alcool ammoniacal et en traitant à chaud pendant plusieurs heures par l'hydrogène sulfuré ; on chasse l'hydrogène sulfuré et on précipite en même temps le soufre par une cohobation prolongée. La liqueur filtrée et fortement concentrée est reprise à l'ébullition par de l'acide chlorhydrique dilué et filtrée à chaud ; le chlorhydrate qui se forme est dissout dans l'alcool chaud et additionné d'ammoniaque étendue ; il se dépose ainsi des flocons rouges qui sont cristallisés dans un mélange de ligroïne et de benzène.

La *2 amino-4nitroéthyldiphénylamine :*

$$\underset{(2)}{NH_2}.\ \underset{(4)}{NO_2}.\ C_6H_3.\ NC_2H_5.\ C_6H_5$$

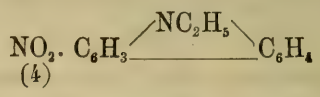
forme de beaux cristaux pennés rouge-sombre, fusibles à 86°,5 et colorant l'acide sulfurique en un magnifique rouge. Elle est insoluble dans l'eau, peu soluble dans la ligroïne, facilement soluble dans l'acide acétique, l'éther, l'alcool et le benzène.

Analyse :

0,1774 gr. Sbst. 0,4225 gr. CO_2. 0,0980 gr. H_2O.
0,1073 gr. Sbst. 15,8 cm³. N (18°,732 mm.)]
$C_{14}H_{15}N_3O_2$. Calculé : C 65,36. Trouvé : 64,90.
H 5,84 6,13.
N 16,34 16,36.

Le *sulfate* de cette base est en plaques brun-doré, fusibles à 98°.

Nous avons obtenu le p. nitroéthylcarbazol :



par diazotation du sulfate de la base précédente ; ce sel de diazonium, chauffé en présence de cuivre métallique en poudre, perd sa chaîne diazoïque et se transforme en nitroéthylcarbazol brut qu'on dissout dans l'acide acétique et qu'on précipite par l'acétate de soude.

Le *p. nitroéthylcarbazol* est une poudre cristalline rouge, fusible à 108° et se décomposant au-delà; il communique à l'acide sulfurique une coloration rouge-violacé intense ; il se dissout très facilement dans l'acide acétique et le benzène tout en étant peu soluble dans l'éther et l'alcool. Il ne forme pas de picrate.

Analyse :

0,2367 gr. Sbst. 0,6083 gr. CO_2. 0,1077 gr. H_2O
0,1229 gr. Sbst. 13,6 cm_3 N (19°,714 mm.)
$C_{14}H_{12}N_2O_2$. Calculé : C 70,00. Trouvé : 70,09.
H 5,00 5,05
N 11,67 11,98

SUR
LA VARIATION DIURNE
DE LA
déperdition de l'électricité dans l'atmosphère[1]

PAR

Albert GOCKEL

(Avec la planche I.)

L'essai décrit ci-dessus de déterminer la variation diurne de la déperdition de l'électricité dans l'atmosphère, est fondé sur plus de 600 paires d'observations que j'ai faites pendant les deux dernières années, à Fribourg (Suisse), ainsi qu'au mois d'août 1901, dans les oasis de Biskra et de Tougourt, en septembre de la même année sur la côte tunisienne, en mars 1902, dans la vallée de Zermatt, en septembre 1902 et 1903 sur le Rothhorn de Brienz. En même temps, j'ai déterminé l'intensité du champ électrique du globe, celle du rayonnement du soleil, de même la température, la pression atmosphérique, l'humidité absolue et relative. Pour fixer la variation diurne de la déperdition, je n'ai pris en considération que les observations effectuées

[1] Extrait d'un mémoire qui sera publié in extenso ultérieurement.

les jours de beau temps; je n'ai pourtant pas exclu une série d'observations faites en hiver pendant qu'un brouillard léger couvrait le sol. Comme ces brouillards se présentent régulièrement en hiver à Fribourg dans la matinée, l'image de la variation diurne se troublerait si on n'en tenait pas compte. Les mesures de la déperdition ont été faites avec l'instrument imaginé par MM. Elster et Geitel. Le corps dispersant était entouré d'un cylindre-abri en toile métallique à mailles de deux centimètres; rarement on a travaillé sans se servir de ce cylindre.

La déperdition de l'électricité est en moyenne 1,5 fois plus grande quand on ôte le cylindre-abri. A Fribourg, l'appareil était installé sur le balcon d'une maison située hors de la ville; au Rothhorn, sur l'arête, à l'altitude de 2,300 m.

Pour les observations faites à d'autres endroits, je renvoie à un travail antérieur[1].

Les observations faites à Fribourg conduisent aux conclusions suivantes :

1. La variation de la déperdition électrique ne change pas essentiellement au cours de l'année. La déperdition est plus faible dans la saison froide, mais l'allure de la courbe reste stationnaire.

2. La variation de la déperdition présente une oscillation double, avec deux minima avant le lever et le coucher du soleil, et deux maxima, à 4 heures et à 10 heures du soir. (Voir **pl. I**, fig. I.)

3. On remarque une faible dépression de la courbe entre midi et 3 heures du soir.

[1] Luftelectrische Untersuchungen. Freiburg (Schweiz), 1902.

4. Le minimum du soir est très accentué pour la déperdition a_+ d'une charge positive ; c'est pourquoi le rapport $q = \frac{a_-}{a_+}$ atteint son maximum à l'heure du coucher du soleil.

En général, dans la plaine, le rapport q ne dépasse pas de beaucoup l'unité ; sa variation diurne présente une oscillation double, avec deux maxima vers 8 h. du matin et après le coucher du soleil, et deux minima à 4 h. du matin et 5 h. du soir. Il ne faut pas oublier que les courbes représentées à la fig. I donnent chaque fois la moyenne de 6 mois. L'image véritable se trouble par là, que les moments où les points topiques sont atteints, se déplacent dans le cours d'une période de 6 mois.

Pour déterminer la loi générale de la variation diurne, il faut poser la question suivante : Est-ce que l'allure générale de nos courbes reste partout la même, ou est-ce qu'il existe des différences caractéristiques pour certaines localités ?

Par rapport à la chute du potentiel, M. Chauveau a démontré que les divergences locales s'accentuent dans le voisinage du sol, et que la loi véritable de la variation diurne est représentée par les chiffres obtenus dans les hauteurs ; voilà pourquoi il est d'un très grand intérêt d'examiner si la courbe reste la même pour les endroits situés plus haut.

Pendant mon premier séjour sur le Rothhorn, le sommet n'était que rarement dégagé de brouillards ; par contre, lors de mon dernier séjour, j'ai profité d'une série de six beaux jours, la Suisse se trouvant alors sous un régime de haute pression atmosphérique. Le

matin le ciel était serein, par contre dans l'après-midi se formaient des cumulus. Deux fois, dans la soirée, des orages ont passé à une distance d'à peu près vingt kilomètres; je n'ai pas tenu compte dans la discussion suivante des observations effectuées à ce moment-là. Les résultats sont représentés par la fig. III.

Comme on le voit, la déperdition de l'électricité présente un minimum au milieu du jour, des maxima vers 6 heures du matin et dans la soirée. M. Saake[1] a été conduit au même résultat par des mesures effectuées dans le mois d'avril à Arosa. M. Le Cadet[2] a trouvé une autre allure de la courbe sur le Mont-Blanc (voir la même figure). Je discuterai plus loin la cause de cette divergence.

Pendant que je séjournais à Zermatt, le temps était variable. Les observations effectuées les jours de beau temps présentent le type suivant : aussitôt que les rayons du soleil atteignaient le sol, ce qui avait lieu vers 9 heures, le coefficient de déperdition commençait à croître, restait alors stationnaire pendant le jour et tombait très vite aussitôt que le soleil avait disparu derrière les montagnes.

Dans les oasis de Biskra et de Tougourt, le minimum du soir de la déperdition, particulièrement de celle d'une charge positive, était très accusé. La quantité a_+ tombait à cette heure à une valeur de 1 °/₀ et au-dessous, tandis qu'elle s'élevait en moyenne à 7°/₀[3]; aussi dans les premières heures de la matinée la dé-

[1] Saake, *Phys. Zeitschrift*, IV, 626, 1900.
[2] Le Cadet, *Comp. rend.*, 135, 886, 1900.
[3] On a travaillé sans se servir du cylindre-abri.

perdition était faible. A part ces deux moments, le coefficient de déperdition restait stationnaire pendant tout le jour. A Hammam et Lif, sur la côte tunisienne, je n'ai pu constater de même aucune variation diurne de la déperdition électrique.

A Innsbruck, M. Czermak[1] a effectué des observations qui ont montré que la variation diurne y présente un minimum très accentué entre 11 heures et midi et un maximum entre 4 et 5 heures du soir. A mesure que la saison avance vers l'hiver, ce dernier maximum se rapproche davantage de midi, et disparaît quand il gèle ou quand le sol se couvre de neige. On voit bien l'accord entre cette variation et les courbes dressées par moi.

Evidemment la courbe représentative de la déperdition a une allure semblable à celle de l'humidité relative. Au maximum d'humidité relative, qui se produit dans la matinée, correspond le minimum de la déperdition, au minimum de l'humidité relative dans l'après-midi, le maximum de la déperdition.

M. Pochettino[2], M. Elster[3] et d'autres savants, ont déjà signalé que la conductibilité apparente de l'air diminue avec l'augmentation de l'humidité relative. Je ne pouvais pas affirmer ce résultat par mes expériences antérieures. De même, je n'ai trouvé aucune relation entre la vitesse de la déperdition et l'humidité, lorsque j'ai dressé une table des observations faites par le doc-

[1] P. Czermak, *Phys. Zt.*, IV, 271, 1903.

[2] Pochettino, *Rend. della R. A. dei Lincei*, 10, 104, 1901 ; *Met. Zt.* XVII, 510, 1901.

[3] Elster, *Phys. Zt.* II, 116, 1900.

teur Cuomo, à Capri[1]. M. Saake a été conduit au même résultat par ses recherches faites à Arosa[2].

Cependant une observation fortuite me montra la cause de cette non-concordance. Pendant que je procédais à des mesures à Fribourg, sur le balcon de la maison, j'observai que l'élévation de la chute de potentiel se produisait au moment où une brume légère se formait à fleur de sol, tandis que l'hygromètre, placé à 7 mètres au-dessus du sol, indiquait une humidité relative de 50 %. En même temps la déperdition des charges positives diminuait de la valeur de 2,56 à 1,46. Il paraît donc qu'une légère brume suffit pour paralyser la mobilité des ions négatifs, même dans une couche de 5 à 7 m. au-dessus du sol. De même, j'ai observé à différentes reprises dans la montagne que, aussi dans le milieu du jour, la valeur q augmentait sur les hauteurs quand les vallées étaient remplies de brouillards. L'observation mentionnée me paraît très instructive, car elle montre que les variations du coefficient de déperdition sont déterminés par des procédés qui ont lieu dans le voisinage immédiat du sol. C'est pourquoi j'ai effectué des mesures de la déperdition dans les mois de juin, juillet et août sur le balcon de la maison, pendant que je mesurais en même temps dans le jardin la température et l'humidité au moyen d'un psychromètre de M. Assmann, installé à un mètre au-dessus du sol. Voici la table des résultats :

[1] Cuomo, *Göttinger Nachrichten*, math.-phys. Klasse, 1903, Seite 104.

[2] Saake, *Phys. Zt.*, IV, 629, 1903.

Humidité relative	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99 %
a —	7,57	6,62	6,19	5,51	4,42	3,96	3,35
a +	6,49	5,65	4,86	4,50	4,06	3,98	2 65
Nombre des observations	6	16	28	31	21	9	7

La concordance entre la marche des coefficients de déperdition et l'humidité relative est frappante.

Le fait que ce qui se passe dans le voisinage du sol influence la conductibilité de l'air, est aussi signalé par l'observation de M. Czermak[1], que la vitesse de la déperdition diminue quand il gèle ou que le sol se couvre de neige. Peut-être peut-on tirer de ces faits la conclusion qu'une partie des ions contenus dans l'air libre prend son origine dans le sol, surtout parce que l'air qui sort du sol contient des matières radioactives.

La relation qui existe entre la conductibilité de l'air et l'humidité relative montre pourquoi sur le Rothhorn le coefficient de déperdition baisse au cours de la journée. Tandis que la température restait assez stationnaire pendant tout le jour, la quantité de vapeur d'eau augmentait à partir du matin jusqu'au soir, et c'est pourquoi l'humidité relative augmentait de même. Dès qu'au coucher du soleil, le courant d'air ascendant enlevant des vapeurs d'eau vers le haut cessait, l'humidité relative diminuait et le coefficient de déperdition augmentait.

Evidemment le courant d'air ascendant au milieu du jour, n'atteignait plus à la fin d'août le sommet du Mont-Blanc ; c'est pourquoi M. Le Cadet n'observait pas la diminution de la vitesse de la déperdition pendant le jour. A l'heure du coucher du soleil, le sol, se

[1] Czermak, l. c.

refroidissant, se couvre de brume et de rosée, et les coefficients de déperdition tombent à des valeurs très basses.

Il reste encore douteux que les variations diurnes des valeurs a_- et a_+ soient dues seulement au changement de la mobilité ou à celui du nombre des ions. J'ai essayé de résoudre cette question au moyen de l'appareil construit par M. Ebert, cependant je n'ai pas réussi parce que l'isolation de mon appareil manquait pour les hauts degrés d'humidité.

Fribourg (Suisse), septembre 1903.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 19 novembre 1903.

C.-E. Guye et A. Fornaro. Variation résiduelle du deuxième module d'élasticité de l'invar. — C. Sarasin. La klippe des Annes. — A. Jaquerod et E. Wassmer. Points d'ébullition de la naphtaline, du biphényle et de la benzophénone. — T. Tommasina. Scintillation du sulfure de zinc en présence du radium.

MM. Ch.-Eug. Guye et A. Fornaro. *Détermination de la variation résiduelle du deuxième module d'élasticité d'un fil d'invar, soumis à des changements de température.*

Les applications importantes auxquelles les aciers nickel ont donné lieu, nous ont engagé à commencer l'étude expérimentale de la variation résiduelle du module d'élasticité de ces alliages sous l'influence des changements de température. Il nous a paru intéressant de rechercher si les variations du deuxième module suivent une loi analogue aux variations résiduelles de dilatation mentionnées par M. Ch.-Ed. Guillaume (Rapports du Congrès international de Physique).

Comme ces variations résiduelles sont toujours petites, nous avons employé une méthode très sensible, basée sur l'observation des coïncidences de deux fils identiques, oscillant sous l'action de la torsion ; et nous avons recherché avant tout dans le dispositif expérimental à éliminer les causes pertubatrices qui auraient pu masquer l'effet à mesurer.

Soient deux systèmes dont les durées d'oscillation simples sont respectivement τ et τ' à une température initiale donnée ; et soit n le nombre des oscillations simples de l'un des systèmes, entre deux coïncidences successives[1] nous aurons :

$$n\tau = (n + 2)\tau' \qquad (1)$$

Portons l'un des fils pendant un certain nombre d'heures à une température plus élevée et après l'avoir ramené à la température initiale, observons à nouveau les coïncidences avec l'autre fil (dit fil de comparaison) ; la température de ce dernier fil ayant été soigneusement maintenue constante pendant toute la durée de l'expérience.

Si le module du premier fil a été altéré par le recuit, cette seconde expérience fournira une deuxième relation :

$$n_1\tau = (n_1 + 2)\tau'' \qquad (2)$$

d'où :

$$\frac{\tau'}{\tau''} = \frac{n(n_1 + 2)}{n_1(n + 2)} \qquad (3)$$

Cette relation montre que la sensibilité[1] peut être très grande, à la condition que la durée d'oscillation du fil de comparaison soit restée rigoureusement la même.

Cette sensibilité est en réalité limitée par le fait que la moindre variation de la durée d'oscillation τ du fil de comparaison peut introduire une erreur du même ordre que la variation résiduelle qu'il s'agit de mesurer.

C'est pour diminuer autant que possible cette erreur que les deux fils ont été choisis identiques ; ils ont été coupés à la suite l'un de l'autre dans la même bobine ; en outre ils étaient disposés symétriquement chacun à l'intérieur d'un manchon à double enveloppe ; les deux manchons pouvant être parcourus par le même courant d'eau. Dans ces conditions, les causes extérieures et particulièrement une petite différence de la température du courant d'eau

[1] Nous avons adopté pour la définition des coïncidences, celle donnée par M. Bichat. *Journ. de Phys.*, t. III, p. 369.

dans les deux expériences, n'entraîne qu'une erreur négligeable sur la variation résiduelle relative du module exprimée par la relation :

$$d = \frac{G'' - G'}{G'} = \left(\frac{\tau'}{\tau''}\right)^2 - 1 \qquad (4)$$

Substituons, en effet, à la relation (1), par exemple, l'expression :

$$n'(\tau + \varepsilon) = (n' + 2)(\tau' + \varepsilon) \qquad [1']$$

ε étant la variation très petite de la durée d'oscillation (la même pour les deux fils) dues aux causes perturbatrices extérieures agissant symétriquement sur les deux fils, on a, tout calcul fait, pour le rapport $\frac{[1']}{(2)}$

$$\left[\frac{\tau'}{\tau''}\right]_1 = \frac{\tau'}{\tau''} - \frac{2\varepsilon}{n_1\tau}\frac{(n_1 + 2)}{(n' + 2)} \qquad [3]_1$$

Le premier terme étant très voisin de l'unité, le second très petit et se réduisant approximativement à

$$\frac{2\varepsilon}{(n' + 2)\tau}$$

comme nous le verrons plus loin.

Si l'on substitue dans (4) la valeur $[3]_1$, on obtient, en négligeant des termes très petits :

$$d_1 = d - \left(\frac{\tau'}{\tau''}\right)\frac{4\varepsilon}{(n' + 2)\tau}$$

Dans nos mesures n' et n étaient environ 500. D'autre part, ε était égal à 0,0003 τ pour une différence de température de 1° entre les deux expériences. La plus grande différence constatée

[1] Dans nos expériences la valeur de n était environ 500 ; si l'on fait $n_1 = 502$, ont voit qu'une différence d'une oscillation double n'entraîne qu'une variation très petite du rapport $\frac{\tau'}{\tau''}$ lequel devient 0.999984.

étant de 0",2, l'erreur absolue sur d résultant de ce fait était approximativement :

$$\frac{0,00024}{500} = 0,0000048.$$

Or la plus petite valeur de d était 0,000554.

Le fil de comparaison a été tenu à la même température pendant toute la durée des expériences au moyen d'un courant d'eau. La plus grande variation accidentelle constatée a été de 0°.5. D'autre part, grâce à un thermostat soigneusement étudié, la température n'a jamais varié de plus de 0°.2 pendant toutes les mesures de coïncidences.

Nous avons effectué avec ce dispositif une première série d'expériences qui nous a permis de nous rendre compte de la sensibilité de la méthode. Nous reviendrons ultérieurement sur les résultats numériques obtenus.

M. Ch. Sarasin rend compte d'une étude détaillée qu'il a entreprise pendant l'été 1903 de la *Klippe des Annes*.

Il montre que celle-ci, formée essentiellement de Trias et de Lias, paraît reposer sur toute sa périphérie sur les schistes beaucoup plus récents du Flysch du synclinal du Reposoir. De plus, contrairement à la manière de voir de Maillard, les formations secondaires de la Klippe se superposent en série normale sur leur soubassement tertiaire sans interposition d'aucune série renversée.

Le massif des Annes se divise en deux élémeuts tectoniques distincts séparés l'un de l'autre par une ligne de chevauchement; ce sont le massif de Lachat qui forme au-dessus du Flysch une nappe peu ondulée mais présentant pourtant un double plongement, et le massif d'Almet qui chevauche sur le précédent. La chaîne d'Almet est formée par un vaste synclinal de Lias, dirigé à peu près de l'E à l'W et déjeté vers le N, dont le flanc normal est fortement laminé et chevauche sur un soubassement de Flysch avec écailles de Crétacique supérieur. Vers le S ce synclinal se relie à un anticlinal écrasé et tordu de Trias et de Rhétien qui est repoussé sur le Lias de Lachat.

Les écailles de Crétacique supérieur qui s'intercalent soit dans le Flysch sous-jacent à la Klippe, soit dans la Klippe elle-même, ont été considérées comme appartenant exclusivement au type préalpin et comme devant avoir une origine lointaine. En réalité elles présentent une transition très intéressante du type préalpin ou type hautalpin et peuvent fort bien être à peu près en place.

La chaîne des Vergys, qui borde au N le synclinal du Reposoir et la Klippe des Annes, est traversée dans le voisinage de celle-ci par tout un réseau de fractures, dont plusieurs sont évidemment dues à une poussée exercée par la Klippe sur la chaîne voisine et dont une se poursuit jusque dans le soubassement de Flysch de la pointe de Lachat. Comme des dislocations analogues ne se retrouvent plus ni au NE, ni au SW, il faut admettre que la Klippe des Annes avait au moment de la surrection de la chaîne des Vergys une extension voisine de son extension actuelle; elle ne pourrait donc pas être un lambeau de la nappe préalpine admise par divers auteurs.

M. Sarasin conclut qu'il n'y a dans la tectonique de la Klippe des Annes aucun argument absolu en faveur de la théorie du lambeau de recouvrement préalpin. Si cette hypothèse reste possible, il est peut-être aussi justifié, sinon plus, d'admettre un pli préexistant aux plissements miocènes et orienté obliquement par rapport aux plis alpins, qui aurait été écrasé lors de la surrection de ces derniers.

L'étude de l'auteur sera du reste exposée en détail dans le numéro de décembre 1903 des *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*.

M. A. Jaquerod présente les résultats d'un travail effectué en collaboration avec M. Wassmer, sur les points d'ébullition de la *naphtaline*, du *biphényle* et de la *benzophénone*, sous diverses pressions. Ces déterminations ont été faites au moyen d'un thermomètre à hydrogène, à volume constant et couvrent tout l'intervalle de température compris entre 190° et 310°.

Le thermomètre employé était tout à fait semblable à celui décrit par Travers et Jaquerod [1], moins la jaquette à circulation d'eau froide entourant le manomètre, la température de la salle où se faisaient les mesures étant très constante.

Le coefficient de la dilatation de l'ampoule (d'un volume de 66 cc. environ) a été déterminé entre 0-100 et entre 0-216 au moyen d'un thermomètre à poids construit avec le même verre; la valeur de ce coefficient entre 0-300 a été calculée par extrapolation.

Le thermomètre a été rempli d'hydrogène pur et sec, préparé au moyen du palladium (α à volume constant = 0.00366254), à quatre pressions initiales différentes, afin de varier autant que possible les conditions d'expérience ; la lecture des pressions se faisait au $^1/_{100}$ de millimètre. Le point O était déterminé après chaque série de points d'ébullition, en entourant l'ampoule thermométrique d'un vase de verre pouvant contenir 4 kil. de glace fondante. Les chiffres obtenus dans les différentes séries sont très concordants.

L'appareil à ébullition se composait d'une jaquette entourant l'ampoule du thermomètre construite entièrement en verre soudé, de façon à éliminer l'emploi du bouchon de caoutchouc nécessaire dans l'appareil de Ramsay et Young. Son extrémité supérieure, munie d'un réfrigérant à eau chaude (les corps employés fondant entre 47°-80°) était reliée à un manomètre donnant la tension des vapeurs du liquide bouillant au $^1/_{10}$ de millimètre, et à une trompe à eau permettant de faire varier à volonté la pression.

Les mesures ont été effectuées pour chacun des trois corps étudiés, sur deux ou trois échantillons différents, purifiés soigneusement par distillation et cristallisation dans l'alcool.

Voici quelques chiffres qui donneront un idée de la précision obtenue dans ces mesures ; ils se rapportent à différents échantillons et à diverses pressions initiales dans le thermomètre à hydrogène; dans la dernière colonne

[1] *Trans. Roy. Soc. London.* A. 200, p. 111, 1902.

figurent les températures calculées d'après la moyenne des déterminations.

Naphtaline.

Pression	Température trouvée	Température calculée
696.1	213.86	213.89
730.7	216.00	215.99
811.7	220.63	220.57

Benzophénone.

412.7	277.68	277.70
727.2	303.29	303.32
806.4	308.26	308.32

Biphényle.

706.5	251.61	251.62
758.1	254.84	254.81

On voit que les différences ne dépassent pas en général 0°.02 à 0°.03

Les résultats définitifs peuvent se résumer dans le tableau suivant :

Pression mm. de mercure	Naphtaline	Températures Biphényle	Benzophénone
800	219.94	257.37	307.92
760	217.68	254.93	305.44
700	214.13	251.21	301.50
600	207.52	244.43	294.26
500	199.95	236.6	286.1
400	191.05	227.4	276.4
300	—	216.65	264.35

Crafts[1] a donné comme points d'ébullition de la naphtaline et de la benzophénone, sous 760 mm. 218°.06 et 306°.08; les différences avec les chiflres ci-dessus sont donc 0°.38 et 0°.64 respectivement. Mais comme Crafts lui-même ne garantit pas ses mesures à plus de 0°.5 et comme d'autre part il ne mentionne pas le coefficient de dilatation de l'hydrogène employé dans les calculs, ces différences n'ont rien de surprenant.

[1] *Bulletin Soc. chim.* (2), 39, p. 282.

M. Th. Tommasina communique une note *sur la scintillation du sulfure de zinc phosphorescent, en présence du radium, revivifiée par les décharges électriques.* M. Henri Becquerel, dans la conclusion de sa note parue dans le « C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris », du 27 octobre : *Sur la phosphorescence scintillante que présentent certaines substances sous l'action des rayons du radium*, disait : *Ces faits établissent sinon une démonstration, du moins une grande présomption en faveur de l'hypothèse qui attribuerait la scintillation à des clivages provoqués irrégulièrement sur l'écran cristallin par l'action plus ou moins prolongée des rayons* α. Comme les résultats de ses expériences confirment cette hypothèse, M. Tommasina croit utile de signaler quelques faits nouveaux qui semblent élucider davantage ce qui doit se passer dans ce curieux et très intéressant phénomène découvert par Sir William Crookes.

M. le prof. Rutherford, de passage à Genève au mois de juin dernier, eut l'amabilité de préparer sous nos yeux, dit M. Tommasina, la *spinthariscope* de Crookes et de me donner ensuite les deux petits écrans au sulfure de zinc phosphorescent. M. Rutherford appelait ce phénomène la *scintillation du zinc* ; avant son départ, je lui ai annoncé que j'avais obtenu la même scintillation, bien que moins brillante, sur un écran au platino-cyanure de baryum, et que l'on pouvait revivifier par les décharges électriques la scintillation des écrans qui avaient été placés entre deux lames minces en verre.

Après quelques jours d'observation, les écrans, enveloppés dans le même papier, l'un collé sur verre du côté actif et l'autre nu, mais retourné contre le verre du premier, ont été renfermés dans une armoire obscure. Tout récemment on les a replacés sous le microscope et l'on a constaté que :

1° L'éclat de la phosphorescence était presque identique sur les deux écrans et semblait n'avoir point diminué.

2° L'écran collé contre verre ne présentait plus aucune scintillation et sa phosphorescence semblait distribuée également sur toute la surface.

3° L'écran nu présentait plusieurs points noirs et un seul brillant, mais sans scintillation.

L'on a entrepris la revivification par les décharges, simplement au moyen d'un bâton de résine et d'un bâton de verre, frottés, et l'on a reconnu que :

1° La revivification avait lieu, soit par les décharges positives, soit par les négatives ; des décharges successives alternativement de signe contraire semblaient l'accélérer davantage.

2° L'écran nu avait encore les points noirs, mais avait acquis une scintillation beaucoup plus intense que l'autre écran, comparable à celle qu'il possédait au commencement lorsqu'on avait écrasé sur le sulfure phosphorescent de minuscules fragments de chlorure de barium et de radium. Ces faits peuvent être attribués : soit à l'action purement mécanique due aux attractions et répulsions des corps électrisés qu'on présente, lesquelles, en agissant sur les fragments plus mobiles des sulfures, les dérangent et mettent à jour de nouvelles facettes encore intactes ; soit à l'électrisation que les cristaux reçoivent et aux petites décharges qui en résultent et produisent le renouvellement partiel et irrégulier des clivages.

En effet, il a été facile de reconnaître, en fixant leur position dans le champ de la loupe et à la lumière du jour, que les points noirs correspondaient à des cavités ou interruptions plus ou moins profondes de la couche cristalline. En outre, des observations successivement alternées à la lumière et dans l'obscurité ont permis d'établir que la mise au point exacte pour voir toute la scintillation se trouve être celle qui permet la vision nette des arêtes plus proéminentes des cristaux de la couche supérieure.

Cette dernière constatation et la précédente de la nature des points noirs ou obscurs montre que dans l'intérieur de la couche, entre les cristaux, il n'y a point de scintillation ; l'action est donc limitée à la surface et semble indiquer l'origine électrostatique du phénomène lumineux, lequel consisterait en une production irrégulière de petites décharges là où se produisent les modifications des clivages.

Cette explication donnerait la raison des intermittences qui caractérisent la scintillation, intermittences trop lentes pour être de l'ordre de grandeur des actions électroniques directes, si l'on compare les dimensions de ce qu'on voit, avec celles extrêmement petites, que le calcul attribue aux électrons. *Il faudra donc admettre que chaque petit cristal ne devient suffisamment électrisé, pour produire une décharge disruptive et modifier sa forme, qu'après avoir reçu un nombre très grand de chocs par les particules constituantes des rayons α. Probablement ces particules, rebondissant après le choc, constituent la substance même qui rend lumineuses les petites décharges dans la scintillation du spinthariscope.*

Séance du 3 décembre.

Arnold Pictet. Variations chez les papillons.

M. Arnold Pictet présente quelques notes complémentaires sur les *variations des papillons provenant de l'humidité.*

Au 86me Congrès de la Société Helvétique des Sciences naturelles, à Locarno, M. Pictet a montré quelles peuvent être, dans certains cas, les variations des papillons sous l'influence de l'humidité (*Archives des Sciences physiques et naturelles*, 15 nov. 1903, p. 585). 1° Lorsque des chenilles de *Vanessa Urticæ* et *Polychloros* mangent, pendant une dizaine de jours, des feuilles constamment humides, les papillons qui en proviennent ont les ailes parsemées de dessins noirs, très marqués, qui ne se rencontrent pas chez les normaux. 2° Les chrysalides de *Vanessa Urticæ*, qui sont mises, pendant huit jours, dans une atmosphère saturée d'humidité, donnent naissance à des papillons dont les nervures sont fortement marquées en noir, et dont la bordure, complètement noire également, a envahi d'une façon sensible les taches bleues ; celles-ci sont donc très petites, mais d'une intensité extraordinaire. 3° Les chenilles qui sont dans la période de mue transitoire entre l'état larvaire et la nymphose et qui ont subi, sous cette forme, les effets de l'humidité, donnent, au contraire, des

papillons clairs, ayant une large bande jaune traversant l'aile supérieure et se continuant, à l'aile inférieure, sous forme d'un triangle plus ou moins allongé. Il résulterait donc, de ces deux premières expériences, que l'humidité, ainsi que cela a été observé chez d'autres espèces du règne animal, serait un facteur de mélanisme partiel.

Ces expériences ont été faites avec des chenilles de la plaine. Depuis, M. Pictet les a répétées, dans les mêmes conditions, avec des chenilles de la montagne, prises dans le Valais, à 1600 m. d'altitude; les résultats obtenus ont été sensiblement les mêmes, mais beaucoup moins marqués. Pourquoi donc cette différence entre les individus de la plaine et ceux de la montagne? Pourquoi l'humidité influence-t-elle les uns et non pas les autres? Pour élucider cette question, il faut se rendre compte de ce qu'est l'humidité telle que M. Pictet l'a donnée, dans ses expériences, et l'on verra que, *sous cette forme*, elle est beaucoup plus fréquente dans les montagnes que dans la plaine; une période pluvieuse, de huit à dix jours consécutifs, est, dans la plaine, chose relativement rare, tandis que, à une certaine altitude, un cas semblable est plus fréquent, lorsque des brouillards couvrent toutes les feuilles d'une infinité de gouttelettes d'eau que les chenilles absorbent en se nourrissant; ces brouillards déposent aussi sur les chrysalides et les chenilles en suspension une humidité plus ou moins constante. M. Pictet en conclut donc que les chenilles des montagnes, habituées, depuis de longues générations, à l'humidité, ne sont plus influencées par elle, tandis que tel n'est pas le cas pour celles de la plaine.

L'auteur a observé des exemples semblables au cours de ses nombreuses expériences sur les changements d'alimentation. Des chenilles d'*Ocneria Dispar* élevées avec du noyer, au lieu de chêne, donnèrent, à la première et à la seconde génération, des aberrations albinisantes très curieuses, qui étaient encore plus marquées à la troisième génération. Mais, déjà à cette troisième génération, parmi les éclosions, quelques exemplaires étaient retournés au type primitif, montrant ainsi qu'ils s'étaient accou-

tumés au changement de nourriture et que celle-ci avait cessé de les influencer. Cette accoutumance aux milieux ambiants peut servir à expliquer une foule de cas naturels, dont on ne connaît pas encore la cause. Ainsi les chrysalides, accoutumées aux basses températures des montagnes, donnent très facilement des variétés méridionales, dès qu'elles ont reçu, des rayons du soleil, et de par le fait de leur exposition spéciale, une chaleur suffisante; c'est la grande différence qui existe entre la température ambiante et la chaleur momentanée qui en est la cause. C'est ainsi que M. Pictet a parfois trouvé, dans le Valais, les variétés *Graeca*, *Occidentalis* et *Méridionalis*, de *Melitaea Didyma*, et qu'il ne les a jamais rencontrées dans la plaine. Ces variétés sont donc constantes dans leur pays d'origine et accidentelles dans les Alpes.

Au contraire, il y a des espèces chez lesquelles les changements d'alimentation ne produisent des effets qu'au bout de deux générations (*Abraxas Grossulariata*, nourries avec de l'*Evonymus*).

Pour terminer, M. Pictet montre des papillons d'*Hybernia Defoliaria* qui, sous l'effet de l'humidité, sont devenus complétement bruns, sans dessins. Il a du reste souvent remarqué, qu'après des périodes pluvieuses d'une certaine importance, on rencontrait, dans la nature, un grand nombre de variétés mélanisantes, surtout parmi les noctuelles.

Séance du 17 décembre.

J. Briquet. Du genre Hyperaspis. Pétioles pourvus de coussinets de désarticulation chez les Labiées. — C.-E. Guye. Observations sur la lampe à arc au mercure.

M. Briquet fait une communication sur *l'organisation florale du genre Hyperaspis, nouveau type générique de Labiées*, découvert au pays des Somalis par l'expédition Ruspoli-Keller[1].

L'*Hyperaspis Kelleri* est un arbrisseau à rameaux âgés

[1] Voy. Briquet in *Bull. Herb. Boiss.*, 2e sé. vol. III, p. 975 et 976. ann. 1903.

pourvus d'une écorce grise et lisse, à jeunes rameaux et à feuilles couverts d'un fin tomentum de poils étoilés. Les fleurs sont disposées en verticillastres 6-flores, groupés en spicastres terminaux. Les bractées sont ovées, atténuées à la base en un court pétiole, à poils étoilés moins denses, de couleur rose; elles sont plus courtes que les fleurs adultes et d'ailleurs plus ou moins caduques. Les pédicelles érigés sont recourbés au sommet, de sorte que la fleur est dirigée vers le bas. Les parties dorsales tournées vers l'axe deviennent ainsi en apparence ventrales (orientées vers l'extérieur), ce qui donne à l'inflorescence une apparence assez bizarre, réalisée fréquemment d'ailleurs dans les Ocimoïdées. — Vu de l'extérieur, on n'aperçoit du calice qu'une pièce arrondie, en forme de bouclier, mesurant lors de son entier développement environ 5 × 5 mm. de surface. Ce bouclier, couvert d'un épais tomentum, est en général ± replié vers l'extérieur, donc à surface un peu concave. A la face interne de ce bouclier est fixé un petit sac, entièrement enveloppé aussi dans un épais manteau de tomentum. Ce petit sac est globuleux, un peu plus long que large, et inséré excentriquement au sommet recourbé du pédicelle. La cicatrice d'insertion, au lieu d'être placée à la base même du sac, est en effet située un peu latéralement, ce qui rend le sac légèrement gibbeux à la base. Le sac est toujours clos. Il est divisé à son sommet en 4 dents, très courtes et presque égales, dont les latérales sont ovées et brusquement mucronées, tandis que les médianes sont plus étroites et plus rapprochées. Ces dents sont conniventes à tomentum enchevêtré. — A l'intérieur du sac calicinal, se trouve la corolle en forme de ballon ellipsoïdal. Elle comporte 5 lobes ovés dont les deux supérieurs connés plus hautement, tous repliés les uns sur les autres et couverts extérieurement de poils rameux. — Les étamines au nombre de 4 sont

[1] La cleistogamie est connue chez les Labiées, chez diverses formes du genre *Salvia*, mais elle coexiste à côté des deux autres états sexuels : hermaphrodite et femelle. Voy. Briquet, *Labiées des Alpes maritimes*, ann. 1895.

insérées sous les sinus séparateurs des lobes corollins. Au début, elles présentent deux sacs anthériens assez distincts, mais plus tard les deux sacs confluent au sommet de façon à former une anthère réniforme à ligne de déhiscence unique. Cette anthère est portée par un très court filet nu, presque triangulaire en section longitudinale. — Le style est aminci et pointu à sa base et à son sommet, un peu renflé entre les deux extrémités. Il ne comporte ni branches stigmatifères, ni différenciations d'aucune sorte. Normalement gynobasique, il domine 4 loges ovariennes qui ne présentent d'ailleurs rien de spécial. L'ovaire est placé sur un petit torus en forme de socle, à renflements alternes avec les nucules, le postérieur un peu plus développé que les autres.

Au point de vue morphologique, le nouveau genre *Hyperaspis* présente le plus grand intérêt. La pièce impaire postérieure du calice développée en bouclier établit une transition remarquable entre le labre décurrent des *Ocimum* et le développement en tunique de cette pièce dans le genre *Erythrochlamys*. D'autre part, toutes les fleurs que nous avons analysées, à divers degrés de développement, nous ont montré des organes sexuels complètement enfermés dans une double enveloppe : le sac calicinal et ballon corollin. Les anthères conniventes autour d'un style réduit viennent avec les caractères précédents à l'appui de l'hypothèse que l'*Hyperaspis Kelleri* se reproduit normalement par *cleistogamie*. Si cette hypothèse est confirmée par des recherches ultérieures, nous aurions là le premier exemple d'une reproduction purement cleistogamique normale dans la famille des Labiées [1]. Quant aux fonctions du bouclier calicinal, il est difficile de s'en faire une idée sans avoir vu la plante en fruits. Il nous paraît cependant probable que la large aile clipéale qui entoure le sac calicinal peut rendre des services comme appareil de vol et jouer son rôle dans la dissémination.

Dans une seconde communication, M. Briquet fait part à la Société de *la découverte* qu'il a faite de *pétioles pourvus de coussinets de désarticulation chez les Labiées*.

La morphologie des Labiées présente, en ce qui con-

cerne le mode d'insertion des feuilles sur les tiges, une très grande uniformité. Le plus souvent le pétiole (quand il existe) est aplati ou canaliculé à sa face supérieure et cette disposition reste la même jusqu'à la base de l'organe, lequel, une fois séparé de la tige, laisse sur celle-ci une cicatrice de même forme que la section transversale du pétiole. On ne sait d'ailleurs rien, ou à peu près rien, sur la façon dont s'opère la chute de la feuille et sur la manière dont la plaie se cicatrise, ce qui présenterait cependant un certain intérêt, surtout quand il s'agit de feuilles et de rameaux persistants.

Nous avons tout d'abord découvert les singuliers organes qui font l'objet de cette note chez un *Plectranthus* nouveau, originaire du Transvaal, que nous avons appelé *Plectranthus arthropodus* [1]. Mais un examen ultérieur de la série des *Plectranthus* de l'Herbier Delessert nous a fait retrouver une organisation analogue chez une autre espèce austro-africaine de ce genre, le *P. petiolaris* E. Mey, et aussi, mais à un moindre degré, chez le *P. saccatus* Benth. ainsi que chez les autres espèces de la section *Germanea* (*P. fruticosus* L'Hérit. et *P. ciliatus* E. Mey).

Chez les *P. saccatus* Benth., *fruticosus* Benth. et *ciliatus* E. Mey., le pétiole ne repose pas à proprement parler sur un coussinet. Mais, au lieu de se séparer de la tige au plan d'insertion de la feuille, il se produit un cadre de déhiscence situé *au-dessus* de cette base, de sorte que le pétiole laisse sa partie basilaire sur la tige après la chute de la feuile.

Dans le *P. petiolaris* E. Mey., le pétiole est véritablement pourvu d'un coussinet basilaire. Il est renflé en forme de poire à sa base même. Ce coussinet pyriforme laisse très rapidement apercevoir dans sa région équatoriale une ligne de déhiscence circulaire. Le coussinet se divise ainsi perpendiculairement à son axe en deux parties, dont l'une apicale fait corps avec le pétiole et tombe avec la feuille, tandis que l'autre basilaire reste attachée à la tige. La partie basilaire est haute d'env. 1,5 mm. :

[1] Voy. Briquet in *Bull. Herb. Boiss.*, 2e sér., vol. III, p. 1073, ann. 1903.

elle offre une cicatrice plane, de contour circulaire, avec un étroit sillon à la partie supérieure, mesurant 2-3×2-3^{mm} de surface. On distingue très facilement à l'œil nu sur cette cicatrice les faisceaux disposés en forme de croissant.

Enfin, chez le *P. arthropodus*, le coussinet est plus petit, mais peut-être encore plus différencié. Sa forme générale est presque sphérique. Après la chute de la feuille, l'hémisphère basilaire présente l'apparence d'une cupule haute de 1-2 mm., à cicatrice de contour circulaire mesurant à la fin 2, 6×2, 5^{mm} de surface. Les faisceaux sont disposés en un croissant dont les deux extrémités se touchent presque.

Les feuilles à pétioles pourvus de coussinets de désarticulation basilaires des *Plectranthus* de la section *Germanea* ouvrent dans la morphologie des Labiées un chapitre nouveau. Jamais jusqu'à présent, en effet, on n'avait observé d'organes de ce genre dans la famille. D'une façon générale, la désarticulation du pétiole au-dessus de sa base est même un phénomène rare chez les Dicotylédones et que nous ne voyons guère signalé dans la littérature que chez quelques types à feuilles composées (diverses Légumineuses, Rosacées et Oxalidacées).

Quel peut-être le rôle biologique des coussinets de désarticulation? C'est une question à laquelle, pour le moment du moins, nous ne pouvons donner aucune réponse. Peut-être l'étude de ces plantes curieuses dans leur milieu d'origine fournira-t-elle ultérieurement quelques éclaircissements à ce sujet, dont l'intérêt actuel reste purement morphologique.

M. C.-E. Guye fait une communication sur le fonctionnement de la *lampe à arc au mercure* dans le vide et les expériences d'Aron sur l'arc voltaïque entre amalgames. Cette communication se termine par quelques considérations théoriqnes sur la force électromotrice de l'arc voltaïque, considérations qui ont engagé l'auteur à entreprendre une étude plus détaillée du sujet, étude qui fera l'objet d'une communication ultérieure.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

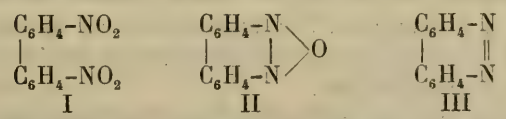
SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 12 novembre 1903.

C. Graebe et Studer. Antiarol. — F. Ullmann et Dieterle. Dérivés de la phénazone. — H. Decker et O. Klauser. Action de la soude sur les hydrates quaternaires de la papavérine. — A. Pictet et E. Khotinsky. Dérivés halogénés des pyrrols.

M. le prof. Graebe décrit divers produits d'oxydation du pyrogallol et de ses éthers méthyliques. Il annonce ensuite qu'il a, en collaboration avec M. Studer, préparé l'amide de l'acide triméthylgallique et transformé celle-ci, au moyen de l'hypobromite de sodium, dans l'éther triméthylique de l'aminopyrogallol. Ce dernier a fourni par diazotation un oxytriméthylpyrogallol qui s'est montré identique avec l'*antiarol* de Kiliani.

M. F. Ullmann a fait avec M. Dieterle des recherches dans le groupe de la *phénazone*. Lorsqu'on fait bouillir l'*o*-dinitrobiphényle (I) avec une solution de sulfure de sodium, on obtient l'oxyde de phénazone (II), lequel, par réduction au moyen du chlorure stanneux, fournit avec un excellent rendement la phénazone elle-même (III).

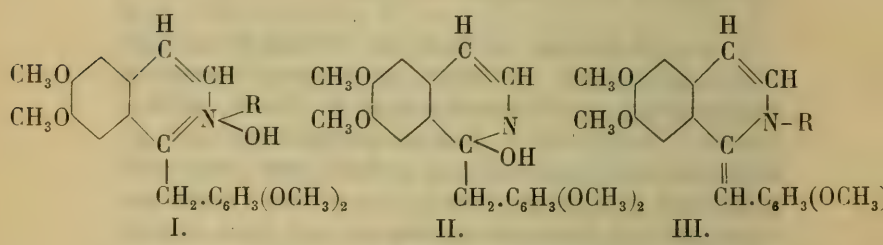


En remplaçant le dinitrobiphényle par ses produits de substitution (dinitrobitolyles, dichlorodinitrobiphényles,

dinitrobenzidines, dinitroanisidines, etc.), les auteurs ont obtenu les phénazones substituées correspondantes.

Ces mêmes phénazones prennent aussi naissance dans la réduction électrolytique des dinitrobiphényles, lorsqu'on opère en solution alcoolique avec une cathode en nickel et en présence d'une petite quantité d'acétate de soude.

M. H. Decker communique quelques observations, faites en collaboration avec M. O. Klauser, sur les hydrates d'ammonium dérivant de la *papavérine*. Ces hydrates (formule I) sont transformés à froid par la soude (probablement avec formation intermédiaire des carbinols II) en corps bien cristallisés, qui renferment une molécule d'eau en moins et sont identiques aux *alcoylidène-papavérines* de Claus; leur constitution répond vraisemblablement à la formule III; traités par l'eau ils régénèrent les hydrates primitifs.



M. E. Khotinsky a étudié, à l'instigation de M. le prof. Pictet, l'*action du chlore et du brome sur quelques dérivés du pyrrol.*

Le N-méthylpyrrol, dissous dans le tétrachlorure de carbone bouillant, donne avec le chlore des produits mono- et disubstitués.

La méthylamide N-méthylpyrrol-α-carbonique, traitée en solution acétique par le brome, fournit des dérivés mono, di et tribromés. Par saponification au moyen de la potasse alcoolique, ceux-ci se transforment dans les acides bromés correspondants.

L'amide pyrrol-α-carbonique fournit de même des dérivés mono- et dibromés (mais pas de dérivé tribromé,

même en présence d'un excès de brome). L'amide dibromée donne par saponification l'acide correspondant, qui fond à 158°.

Ces acides bromés sont très stables; ils ne perdent pas d'anhydride carbonique lorsqu'on les chauffe, ni de brome lorsqu'on les soumet à l'action des réducteurs.

Séance du 10 décembre.

I. Goldberg. Nouveau mode de formation des acides sulfiniques. — E. Khotinsky. Phénylpyrrolidine. — F. Ullmann et R. von Wurstemberger. Dérivés du biphénylène-diphénylméthane.

Mlle I. Goldberg parle de l'action de l'acide sulfureux sur les dérivés halogénés des combinaisons organo-magnésiennes. Cette action donne naissance aux *acides sulfiniques :*

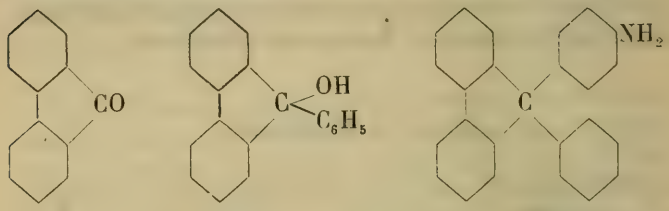
$$R\text{-}MgBr + SO_2 = R\text{-}SO\text{-}OMgBr$$
$$R\text{-}SO\text{-}OMgBr + H_2O = R\text{-}SO\text{-}OH + MgBrOH$$

L'auteur a préparé de cette manière les acides sulfiniques du benzène, du toluène, du méthane et de l'éthane.

M. E. Khotinsky annonce qu'il a pu convertir directement le N-phénylpyrrol, $C_{10}H_9N$, en *N-phénylpyrrolidine*, $C_{10}H_{13}N$, en le réduisant au moyen de la poudre de zinc dans une solution formée d'un mélange par parties égales d'acide acétique et d'acide chlorhydrique. La phénylpyrrolidine est un liquide incolore, qui s'oxyde rapidement à l'air en prenant une teinte rouge. Elle bout à 253-254° ; elle fournit un chlorhydrate très hygroscopique, un chloroplatinate fusible à 153°, un picrate huileux, et un sel de mercure fusible à 137°.

M. F. Ullmann a étudié avec M. R. von Wurstemberger certains dérivés du *biphénylène-diphénylméthane*. Les auteurs ont transformé la fluorénone (I) au moyen du bromobenzène et du magnésium en biphénylène-phénylcarbinol

(II). En chauffant ce dernier en solution acétique avec le chlorhydrate d'aniline, ils ont obtenu le biphénylène-aminodiphenylméthane (III).



I II III

L'aniline peut être remplacée dans cette dernière réaction par d'autres amines aromatiques. En réduisant le carbinol II par le zinc et l'acide acétique on obtient le biphénylène-phénylméthane (point de fusion 145°).

A. P.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

J. de Kowalski[1]. Sur les décharges glissantes. *C. R. Ac. des sc.*, 28 décembre 1903, Fribourg.

Beaucoup de savants, comme MM. Du Moncel, Rosetti, Bertin[2], M. Tœpler[3] et autres ont trouvé que, si la surface d'une plaque isolante, opposée à la surface sur laquelle nous produisons la décharge glissante, est couverte d'une couche conductrice, la décharge glissante se produit plus facilement et est accompagnée d'un phénomène plus brillant. On remarque, d'autre part, qu'en employant un condensateur industriel pour des courants alternatifs de haute tension, on obtient des décharges de rupture de ces condensateurs dans la direction parallèle aux surfaces isolantes, et il est très probable qu'il faut l'attribuer aux décharges glissantes.

Il a donc paru intéressant d'étudier ce phénomène au point de vue quantitatif dans des conditions se rapprochant autant que possible de celles qu'on trouve dans les applications industrielles des condensateurs.

Voici comment on opérait :

On lançait dans un petit transformateur, ayant un rapport de transformation égal à 1 : 438, un courant alternatif à travers une résistance, de manière qu'on pût régler la différence de potentiel aux bornes de l'enroulement primaire du transformateur de 30-110 volts ; le courant

[1] En partie avec M. Lietzau.

[2] E. Mascart. *Electricité statique*, vol. II, § 713 et suiv.

[3] *Ann. de Wiedemann*, vol. LXVI, p. 1061.

alternatif employé avait une fréquence de 54 volts par seconde. Des bornes secondaires du transformateur partaient des conduites bien isolées à deux électrodes munies de pointes en platine. Au moyen d'un interrupteur à pendule intercalé dans le circuit primaire, on pouvait limiter le temps pendant lequel se produisait la décharge à $^1/_{20}$ de seconde.

1. Une plaque en verre ayant une surface de $40^{cm} \times 40^{cm}$ et une épaisseur de $0^{cm},25$ était couverte d'une feuille d'étain sur une de ses surfaces, l'autre surface était minutieusement polie et nettoyée. On réunissait la feuille d'étain avec un des pôles du circuit secondaire, la pointe de l'autre pôle étant placée au milieu de la plaque. De cette façon on pouvait produire le phénomène connu sous le nom de *rose de Lichtenberg*. La plaque étant posée verticalement, on pouvait facilement photographier le phénomène et mesurer la relation entre l'étendue de la rose et la tension des décharges. Voici les résultats d'une grande série d'expériences :

$P = 43^{volts}$	$S = 18,834^{volts}$	$r = 40^{mm}$
$P = 68$	$S = 29,784$	$r = 82$
$P = 90$	$S = 39,420$	$r = 110$
$P = 110$	$S = 39,420$	$r = 140$

Le rayon de la rose de Lichtenberg est sensiblement proportionnel à la différence du potentiel employé pour la produire.

2. D'autres expériences ont été exécutées pour prouver que la décharge à la surface de l'isolant suit exactement le chemin tracé sur la surface opposée de la plaque par le conducteur qu'on y appliquait.

Les expériences ont été exécutées de la façon suivante : sur une des surfaces de la plaque on collait des bandes découpées dans une feuille d'étain et ayant des largeurs et des formes différentes (zigzags, carrés, triangles, etc.) ; sur l'autre surface on disposait les électrodes en pointe de platine, de façon qu'elles touchaient le verre dans des points opposés à la bande conductrice. Les photographies

des phénomènes correspondants démontrèrent que les décharges prenaient de préférence le chemin tracé.

3. Les expériences furent exécutées d'une manière analogue aux expériences de la série 2, mais on recouvrait la surface de la plaque opposée à la décharge, après y avoir appliqué la bande d'étain, d'une forte couche de paraffine.

Le phénomène des décharges glissantes ne se produisait plus : une tension relativement basse, une de 13,500^{volts}, suffisait déjà pour percer la plaque de verre. Notons encore un détail intéressant : nous obtenions la rupture du verre toujours aux bords de la bande. Le même phénomène se répétait dans d'autres conditions encore, que voici : Une des surfaces de la plaque en verre était munie d'une feuille d'étain d'une forme carrée ayant $20^{cm} \times 20^{cm}$ d'étendue. Elle était, de plus, recouverte complètement d'une couche épaisse de paraffine. Nous disposions sur l'autre côté de la plaque en verre, bien nettoyée, les deux électrodes en pointe dans la direction de la diagonale du carré. Il se produisit une décharge glissante sur le verre jusqu'aux pointes opposées aux bords du carré en étain, et c'est là que le verre fut percé.

4. Enfin une série de mesures ont été effectuées pour trouver les longueurs des décharges qui se produisaient dans trois cas différents : *a*, entre deux électrodes sur la surface d'une plaque de verre, dont la surface opposée était couverte d'une feuille de platine ; *b*, entre deux électrodes disposées sur la surface d'une plaque en verre non recouverte de platine ; *e*, dans l'air libre.

Les résultats ont montré que les décharges se produisent le plus facilement dans le cas où la surface opposée est conductrice.

CHIMIE

W. Kelhofer. Une curieuse réaction du tannin. *Schweizerische Wochenschrift*, **41**, 457. Wädenswil.

Lorsqu'on fait bouillir quelques gouttes de vin ou de cidre avec environ 10 cc. d'acide chlorhydrique ou sulfu-

rique concentrés, il se produit une coloration violette. Celle-ci est due, selon l'auteur, au tannin contenu dans le liquide. Le tannin du chêne et celui du kino donnent la même réaction, mais pas celui de la noix de galle et du café. Peut-être pourra-t-on baser sur cette réaction un procédé de dosage colorimétrique du tannin dans les vins.

F. Seiler et A. Verda. L'acide phosphomolybdique comme réactif du groupe NH_2 dans les substances organiques. *Chemiker-Zeitung*, **27**, 1121. Lausanne.

Toutes les amines organiques qui renferment le groupement NH_2 donnent avec l'acide phosphomolybdique un précipité bleu ou vert, qui se dissout dans l'ammoniaque avec une coloration bleu pur. Les amides et les anilides ne donnent pas cette réaction. Parmi les alcaloïdes, la morphine seule la fournit, bien qu'elle ne contienne pas de groupe NH_2. Cette réaction pourra donc avoir une importance dans la recherche des alcaloïdes, et servir à les distinguer des ptomaïnes, dont la plupart sont des amines primaires.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1903

Le 1er, pluie dans la nuit; chute de neige le matin et à 4 h. du soir.; hauteur de la neige 0cm,5.

2, pluie dans la nuit et neige à 4 h. du soir; forte bise le matin.

3, très légère gelée blanche le matin.

4, couronne lunaire double très intense à 7 h. 30 m. du soir.

5, gelée blanche le matin; neige et pluie depuis 1 h. du soir; hauteur de la neige 0cm,5; fort vent à 4 h. du soir.

6, pluie dans la nuit.

7, forte bise le matin.

8, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.

9, très forte gelée blanche le matin; pluie depuis 9 h. du soir.

10, pluie pendant tout le jour.

11, pluie dans la nuit et depuis 1 h. du soir; brouillard.

12, pluie dans la nuit.

13, gelée blanche le matin.

14, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin et de 1 h. à 7 h. du soir.

15, brouillard dans la matinée.

16, neige à 7 h. du matin; hauteur 1cm,0; pluie à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

20, brouillard depuis 10 h. du matin.

21, brouillard pendant tout le jour.

24, brouillard à 10 h. du matin.

26, neige à 7 h. du matin; hauteur 1cm,0; pluie à 10 h. du matin.

27, forte bise le matin et depuis 9 h. du soir.

28, forte bise à 10 h. du matin et à 1 h. du soir.

29, forte bise de 10 h. du matin à 7 h, du soir; neige à 1 h. du soir.

30, forte bise de 1 h. à 7 h. du soir.

Hauteur totale de la neige : 3cm,0 tombés en 4 jours.

GENÈVE — DÉCEMBRE 1903

Jours du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	6.3	8.2	12.5	**8.26**	**-18.48**	**4.6**	13.3	S. 1	W. 0	N. 0	var.	2.1	10	10	10	10	....	3.0	3
2	16.4	19.6	24.1	19.06	- 7.72	13.3	25.7	NNE. 2	NE. 1	NNE. 1	NNE. 1	11.6	10	10	10	10	....	....	....
3	28.0	28.4	28.2	27.76	+ 0.94	25.9	29.2	E. 0	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	6.9	9	6	10	9	....	....	....
4	24.9	22.4	19.4	22.97	- 3.89	18.8	27.4	E. 1	E. 1	S. 1	var.	3.1	10	5	10	7	.0.1	....	....
5	14.9	10.3	7.5	12.16	-14.74	7.4	18.8	S. 0	N. 1	SSW. 1	var.	4.2	5	10	10	9	....	11.5	7
6	10.9	13.4	17.6	13.00	-13.94	8.5	18.0	E. 0	SE. 0	S. 0	var.	3.1	10	10	1	9	....	....	....
7	19.5	19.1	17.4	18.91	- 8.07	17.4	19.9	NNE 2	N. 1	S. 0	var.	5.6	2	6	10	5	**3.3**	3.1	2
8	19.4	20.6	23.4	20.76	- 6.26	18.5	24.4	W. 0	SSW. 1	S. 1	var.	7.7	10	10	10	9	....	0.2	....
9	24.1	22.7	21.6	22.92	- 4.14	21.1	24.2	N. 0	WNW 1	S. 1	var.	3.1	5	10	10	8	2.3	3.9	4
10	19.4	18.6	20.1	19.63	- 7.47	18.2	21.4	N. 1	NNW. 1	N. 1	NNE. 1	3.8	10	10	10	10	....	**32.8**	**24**
11	20.0	19.5	20 7	20.06	- 7.08	19.3	20.5	E. 0	E. 0	SE 0	calme	1.0	10	10	10	10	....	9.2	12
12	20.8	20.1	19.6	20.11	- 7.07	18.8	21.0	S. 0	E. 1	S. 0	var.	2.1	10	9	8	8	2.6	....	....
13	18.3	17.8	17.9	18.30	- 8.92	17.3	19.0	S. 0	NE. 1	S. 0	calme	1.5	10	10	10	10	....	7.1	8
14	21.2	21.8	23.3	21.92	- 5.34	19.0	24.2	W. 0	SSW. 1	S. 0	calme	1.3	10	10	7	9	....	3.8	4
15	22.7	22.3	21.2	22.14	- 5.16	20.8	23.2	S. 0	SSW. 1	SE. 0	var.	3.1	3	3	7	4	3.0	....	....
16	19.4	18.6	20.6	19.49	- 7.85	18.7	20.9	S. 1	S. 1	S. 0	var.	2.6	10	10	10	10	....	6.4	8
17	21.1	23.3	24.8	22.63	- 4.74	20.1	25.3	E. 1	SE. 1	E. 0	var.	5.2	10	10	10	10	....	....	....
18	24.4	23.2	23.3	23.85	- 3.56	22.8	25.0	E. 1	NE. 1	NE. 0	NNE. 1	6.7	10	10	10	10	....	....	....
19	23.4	23.7	25.6	24.13	- 3.32	23.4	26.2	E. 1	NE. 0	E. 1	var.	5.2	10	10	10	10	....	....	....
20	28.1	29.3	32.3	29.28	+ 1.80	26.3	32.8	E. 1	E. 1	S. 0	var.	3.1	10	10	10	10	....	0.1	....
21	34.7	35.4	37.2	35.21	+ 7.69	33.2	**36.9**	S. 0	SW. 0	S. 0	var.	2.0	10	10	10	10	....	....	....
22	36.1	34.9	33.7	**35.40**	**+ 7.84**	32.9	36.8	E. 1	ESE. 1	NE 1	NNE. 1	4.8	10	10	10	10	....	....	....
23	28.7	26.6	25.6	27.79	+ 0.20	25.7	32.0	N. 1	E. 1	E. 1	var.	6.3	10	10	10	10	....	....	....
24	25.5	25.0	25.2	25.15	- 2.47	24.6	25.8	SE. 1	S. 0	S. 0	var.	3.2	10	10	10	10	...	....	....
25	24.9	24.1	23.8	24.27	- 3.38	23.6	24.9	SE. 0	S. 0	S. 0	var.	2.3	10	10	10	10	....	....	....
26	22.9	22.9	24.2	23.25	- 4.43	22.9	24.1	S. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	8.3	10	10	10	10	....	1.3	1
27	23.5	23.7	24.8	23.96	- 3.75	23.2	25.1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 2	13.9	10	10	10	10	....	....	....
28	25.1	25.2	24.7	25.04	- 2 69	24.0	25.8	NNE. 1	NNE. 2	ENE. 1	NNE. 2	**14.5**	10	10	10	10	....	....	....
29	21.4	22.5	24.8	23.02	- 4.74	21.4	25.8	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	13.8	10	10	10	10	....	....	....
30	25.2	24.3	23.1	24.37	- 3.41	22.9	25.6	NE. 1	NNE. 2	NE. 1	NNE. 1	12.5	10	10	10	10	...	....	....
31	20.2	20.0	20.9	20.78	- 7.02	20.0	22.2	NNE. 1	ESE. 1	S. 0	NNE. 1	7.4	10	10	10	10	....	....	....
Mois	22.31	22.19	22.87	22.44	- 5.52							5.55	9 2	9.3	9.5	9.3	11.3	82.4	73

Jours du Mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre.
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	0.0	+ 2.9	+ 1.0	+ 0.92	− 1.33	0.0	+ 3.0	96	97	93	96	+11	95	98	6.3	− 1.7	1662
2	+ 1.8	2.7	1.8	1.85	− 0.27	+ 0.8	2.8	84	72	89	83	− 2	70	96	6.0	− 1.8	1674
3	− 1.0	+ 1.9	+ 1.0	+ 0.70	− 1.30	− 1.2	3.0	96	75	88	82	− 3	**47**	100	6.3	− 1.4	1647
4	− 2.7	0.0	− 1.6	− 1.55	− 3.43	− 3.2	1.3	82	75	92	85	0	75	95	5.7	− 1.9	1652
5	− 2.8	+ 0.1	+ 4.3	+ 0.77	− 0.99	− 2.9	4.5	96	97	92	91	+ 6	80	97	5.3	− 2.2	1612
6	+ 1.4	3.9	1.1	2.26	+ 0.61	+ 0.1	4.4	96	79	95	91	+ 6	79	100	....	.....	1660
7	1.3	2.5	0.5	1.20	− 0.34	0.0	4.5	71	67	96	**73**	**−12**	58	87	7.0	− 0.3	1643
8	+ 2.3	5.6	3.5	3.39	+ 1.96	+ 0.5	6.0	95	75	76	89	+ 4	75	98	7.1	− 0.1	1647
9	− 1.0	4.9	3.4	2 70	+ 1.38	− 1.0	5.6	100	80	89	87	+ 1	70	100	5.9	− 1.2	1652
10	+ 5.3	5.9	5.6	**5.40**	**+ 4.18**	+ 3.7	**6.8**	96	99	94	97	+11	94	100	5.7	− 1.4	1667
11	2.7	4.2	4.1	3.57	+ 2.45	2.7	6.5	100	98	82	**99**	**+13**	98	100	4.8	− 2.2	1672
12	2.3	4.9	3.2	3.15	+ 2.13	0.6	6.0	95	83	87	90	+ 4	80	100	4.7	− 2.2	1707
13	0.9	3.0	2.7	1.96	+ 1.03	0.1	4.5	95	89	85	93	+ 7	89	97	....	.. ..	1690
14	2.3	4.6	+ 2.3	2.76	+ 1.92	+ 0.5	5.5	82	92	95	92	+ 6	82	98	6.7	0.0	1742
15	0.3	3.8	− 0.8	1.11	+ 0.36	− 1.0	5.0	99	99	90	94	+ 8	81	100	5.1	− 1.5	1662
16	0.4	2.3	+ 1.8	1.18	+ 0.51	− 0.8	3.0	96	95	96	95	+ 9	92	97	4 7	− 1.8	1677
17	2.2	2.7	1.8	2.34	+ 1.75	+ 1.5	3.8	92	92	96	92	+ 6	88	95	5.2	− 1.3	1633
18	+ 0.4	1.0	0.3	0.74	+ 0.23	+ 0.1	1.5	99	93	92	96	+10	92	99	5.7	− 0.7	1585
19	− 0.4	0.6	0.2	+ 0.12	− 0.32	− 0.5	1.7	96	98	92	96	+10	92	98	4.8	− 1.5	1626
20	− 0.9	0.3	0.4	− 0.11	− 0.48	− 1.2	0.7	96	92	96	96	+10	92	97	....	.....	1600
21	− 0.4	1.1	+ 0.7	+ 0.29	− 0.01	− 1.0	1.5	97	96	96	98	+12	96	100	4.7	− 1.5	1610
22	+ 0.2	+ 0.9	− 0.3	+ 0.27	+ 0.03	− 0.9	+ 1.5	95	92	96	95	+ 9	87	100	6.3	+ 0.2	1600
23	− 1.4	− 0.4	− 1.6	− 1.21	− 1.39	− 2.0	0.0	88	85	96	90	+ 4	85	95	5.8	− 0.2	1582
24	− 1.9	+ 0.2	− 0.4	− 1.03	− 1.15	− 2.3	+ 1.0	95	93	95	93	+ 7	74	99	5.3	− 0.7	1597
25	− 0.9	0.9	+ 0.4	+ 0.06	− 0.01	− 1.4	1.5	96	89	88	92	+ 6	89	97	....	.....	1600
26	− 0.2	+ 1.1	+ 0.5	+ 0.47	+ 0.45	− 0.5	1.5	99	82	78	89	+ 3	81	99	4.6	− 1.1	1597
27	− 0.1	0.0	− 1.0	− 0.41	− 0.38	− 1.2	+ 1.2	96	86	95	90	+ 4	85	96	....	.. ..	1600
28	− 1.2	− 0.5	− 0.8	− 0.94	− 0.87	− 1.7	0.0	92	78	89	88	+ 2	78	92	4.7	− 1.0	1577
29	− 1.6	− 2.3	− 3.5	− 2.23	− 2.12	− 4.1	0.0	92	86	90	87	0	84	92	4.1	− 1.6	1572
30	− 4.0	− 3.5	− 3.9	**− 3.81**	**− 3.66**	**− 4.5**	− 2.7	94	86	90	89	+ 2	86	94	3.8	− 1 8	1547
31	− 4.1	− 4.0	− 2.9	− 3.61	− 3.43	− 4.3	− 2.5	94	91	95	93	+ 6	90	95	3.3	− 2.3	1589
Mois	− 0.03	+ 1.65	+ 0.77	+ 0.72	− 0.08	− 0.81	+ 2.68	94	87	91	91	+ 5			5.37	− 1.24	1632

MOYENNES DE GENÈVE. — DÉCEMBRE 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	18.01	18.23	18.38	18.67	18.34	18.46	18.79	19.46	18.54
2e »	21.68	21.82	21.96	22.58	21.97	21.82	22.64	23.07	22.19
3e »	26.69	26.30	26.20	26.61	25.89	25.77	25.99	26.17	26.20
Mois	22.27	22.25	22.31	22.76	22.19	22.14	22.59	23.00	22.44

Température.

1re déc.	+ 1.40°	+ 0.99°	+ 0.46°	+ 1.62°	+ 3.04°	+ 2.71°	+ 2.15°	+ 1.75°	+ 1.76°
2e »	+ 1.20	+ 1.02	+ 1.02	+ 1.61	+ 2.74	+ 2.63	+ 2.03	+ 1.21	+ 1.68
3e »	— 1.30	— 1.23	— 1.42	— 1.24	— 0.59	— 0.75	— 1.06	— 1.26	— 1.11
Mois	+ 0.38	+ 0.21	— 0.03	+ 0.60	+ 1.65	+ 1.46	+ 0.97	+ 0.51	+ 0.72

Fraction de saturation en %.

1re décade	91	92	91	89	82	82	81	91	87
2e »	96	96	95	96	93	91	95	94	94
3e »	92	94	94	93	88	91	90	89	91
Mois	93	94	94	93	87	88	89	91	91

Dans ce mois l'air a été calme 419 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{64}{16} = 4.0$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 50°.6 E.
Son intensité est égale à 36.3 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique.....		722.46
Nébulosité		9.3
Température	$\frac{7+1+9}{3}$..	+ 0°.80
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+ 0°.79
Fraction de saturation.....		91 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	727.96
Nébulosité..	(1847-1875).	8.3
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	51mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	9
Température moyenne...	(id.).	+ 0°.80
Fraction de saturat.	(1849-1875).	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	104.9	85.5	84.5	76.1	83.0	65.5	68.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	72.6	82.4	79.3	72.8	78.0	87.7

Durée totale de l'insolation à Jussy : 18h.7.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1903

Le 5, neige dans l'après-midi.
6, neige et très forte bise.
7, 10 et 11, neige.
13, fort vent l'après-midi.
16 et 17, neige.
29 et 30, neige.
31, très fort vent le matin.

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	42.8	44.7	47.6	**45.0**	**– 16.9**	**42.5**	49.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	8	7	8	....	....
2	50.3	52.7	56.0	53.0	– 8.9	49.5	58.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	4	7	7	6	....	....
3	59.0	60.1	59.7	59.6	– 2.3	58.9	60.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5	2	0	2	....	....
4	57.0	55.7	54.2	55.6	– 6.3	54.0	57.8	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	3	0	1	....	....
5	52.0	50.0	48.3	50.1	– 11.8	48.0	53.0	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	4	10	10	8	**24.8**	**27**
6	47.1	48.0	51.2	48.8	– 13.1	46.9	51.8	NE. 2	NE. 2	NE. 4	NE. 3	10	10	10	10	4.9	6
7	52.6	53 4	54.6	53.5	– 8.3	52.3	55.0	NE. 2	NE. 2	SW. 2	NE. 2	10	0	4	5	2.5	3
8	54.5	55.9	57.3	55.9	– 5.9	54.0	57.5	SW. 2	SW. 1	NE. 2	SW. 1	10	8	10	9	....	....
9	58.3	58.8	60.7	59.3	– 2.5	58.0	60.9	NE. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	2	2	1	....	....
10	58.5	57.6	57.4	57.8	– 4.0	57.0	59.0	SW 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	6	10	10	9	6.5	8
11	57.1	56 2	55.7	56.3	– 5.4	55.0	57.4	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	17.5	18
12	57.0	56.7	58.0	57.2	– 4.5	56.3	58.2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	6	10	10	9	....	....
13	58.3	57.4	56.3	57.3	– 4.4	56.0	58.5	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	6	10	10	9	....	....
14	55.9	56.4	57.5	56.6	– 5.1	55.4	57.9	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	7	1	4	4	....	....
15	57.4	56.9	56.9	57.1	– 4.6	56.4	57.8	NE. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	1	0	0	....	....
16	56.4	56.7	57.7	56.9	– 4.7	56.0	58.0	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	5	9	8	20.3	15
17	59.1	60.9	60.9	60.3	– 1.3	58.2	61.2	NE 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	6	5	7	6	....	....
18	60.7	60.0	59.9	60.2	– 1.4	59.7	61.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	5	10	10	8	11.0	9
19	60.4	61.6	62.6	61.5	– 0.1	60.0	63.0	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	7	6	8	....	....
20	63.4	64.6	66.4	64.8	† 3.2	63.2	66.9	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
21	67.9	68.6	70.7	**69.1**	† **7.5**	67.8	**71.1**	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
22	69.4	69.1	67.4	68.6	† 7.1	67.0	70.0	NE. 1	NE. 2	SW. 1	NE 1	0	0	0	0	....	...
23	63.0	61.5	60.6	61.7	† 0.2	60.0	63.2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	5	10	5	....	....
24	59.3	59.4	59.1	59.3	– 2.2	59.0	59.8	SW. 2	SW 1	NE. 2	SW. 1	10	10	1	7	....	...
25	58.1	57.4	57.4	57.6	– 3.9	57.0	58.4	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	5	4	0	3	....	....
26	56.6	57.0	57.7	57.1	– 4.4	56.2	57.9	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	4	6	10	7	....	....
27	57.2	57.1	57.9	57 4	– 4.1	56.9	58.2	SW. 1	SW 1	SW. 1	SW. 1	4	3	4	4	....	....
28	58.2	57.4	57.2	57.6	– 3.8	56.9	58.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
29	55.1	55.8	57.8	56.2	– 5.2	54.9	58.2	SW. 2	SW. 2	SW 2	SW. 2	5	10	10	8	3.0	4
30	57.9	58.2	58.2	58.1	– 3.3	57 7	58.4	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	2	1	9	4	3.3	2
31	57 3	57.3	58.0	57.5	– 3.9	57.0	58.2	SW. 3	SW. 3	SW. 1	SW. 2	9	8	10	9	....	
Mois	57.35	57.52	58.09	57.65	– 4 67							5.1	5.4	5.8	5.4	93.8	92

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1903

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-12.5	-11.0	-11.2	-11.6	- 4.9	-14.9	-10.8	81	83	83	82	75	90
2	-14.0	- 8.6	-15.4	-12.7	- 5.9	-16.2	- 8.4	74	41	85	67	35	91
3	-13.8	-13.3	-14.8	**-14.0**	**- 7.1**	**-16.4**	-13.0	85	71	37	64	30	90
4	-12.0	- 9.0	-10.4	-10.5	- 3.5	-15.6	- 8.8	33	30	28	**30**	25	47
5	- 8.8	- 9.1	-10.3	- 9.4	- 2.4	-11.0	- 7.9	64	85	86	78	60	90
6	- 9.9	- 8.9	-12.9	-10.6	- 3.4	-13.8	- 8.5	87	86	85	86	80	93
7	-14.0	- 9.2	-11.0	-11.4	- 1.2	-15.7	- 9.0	85	72	63	73	60	89
8	- 9.7	- 6.2	-11.4	- 9.1	- 1.8	-11.9	- 6.0	84	75	82	80	70	91
9	-11.0	- 5.0	- 6.6	- 7.5	- 0.2	-12.9	- 4.2	42	16	50	36	**14**	82
10	- 4.2	- 7.3	- 9.4	- 7.0	+ 0.5	-10.1	- 3.3	91	67	79	79	65	**93**
11	- 7.0	- 6.9	- 8.3	- 7.4	+ 0.1	- 9.9	- 6.7	87	85	84	85	78	90
12	- 8.0	- 5.9	- 7.4	- 7.1	+ 0.5	- 8.9	- 5.5	85	81	86	84	80	90
13	- 8.4	- 7.3	- 7.0	- 7.6	+ 0.1	- 9.8	- 6.9	85	86	86	86	80	90
14	- 8.0	- 6.5	-10.7	- 8.4	- 0.7	-11.2	- 6.3	87	86	84	86	79	89
15	-13.1	-10.6	-12.2	-12.0	- 4.2	-14.0	-10.1	80	76	79	78	72	85
16	-10.8	- 8.8	- 7.2	- 8.9	- 1.1	-13.8	- 7.0	81	81	85	82	75	90
17	- 6.6	- 5.2	- 5.8	- 5.9	+ 2.0	- 8.0	- 4.3	86	83	87	85	80	90
18	- 6.0	- 5.2	- 5.2	- 5.5	+ 2.5	- 6.3	- 4.9	88	89	89	**89**	85	92
19	- 4.4	- 3.5	- 6.2	**- 4.7**	**+ 3.3**	- 6.3	**- 3.0**	89	90	89	**89**	85	92
20	- 6.9	- 4.5	- 7.1	- 6.2	+ 1.9	- 7.6	- 4.0	81	77	58	72	55	85
21	- 6.5	- 3.5	- 6.5	- 5.5	+ 2.6	- 7.3	- 3.3	43	35	39	39	30	50
22	- 8.0	- 5.1	- 8.6	- 7.2	+ 0.9	- 8.8	- 4.9	44	42	54	47	40	60
23	-10.0	-10.5	-11.8	-10.8	- 2.5	-12.6	- 9.5	64	84	86	78	60	90
24	-12.8	-12.4	- 9.5	-11.6	- 3.3	-13.9	- 9.3	84	84	80	83	75	89
25	- 9.8	- 8.2	-10.9	- 9.6	- 1.3	-11.9	- 8.0	60	61	65	62	55	70
26	-10.5	- 9.3	- 9.8	- 9.9	- 1.5	-11.9	- 9.0	62	84	86	77	60	91
27	-10.9	- 7.4	- 8.5	- 8.9	- 0.5	-11.7	- 7.0	85	62	70	72	59	89
28	- 9.9	- 8.2	-10.0	- 9.4	- 0.9	-11.0	- 7.3	71	52	57	60	50	78
29	-10.9	-10.9	-12.1	-11.3	- 2.8	-12.8	-10.5	77	81	84	82	74	90
30	-13.6	-11.9	-11.4	-12.3	- 3.8	-14.6	-11.2	82	83	83	83	69	90
31	-10.6	- 9.6	- 8.9	- 9.7	- 1.1	-12.1	- 8.7	83	83	85	84	80	91
Mois	- 9.76	- 8.03	- 9.62	- 9.14	- 1.55	-11.71	- 7.33	75	71	74	73		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	53.21	53.69	54.70	53.86	73	63	68	67
2e »	58.57	58.74	59.19	58.82	85	83	83	84
3e »	60.00	59.89	60.18	60.02	69	69	72	70
Mois	57.35	57.52	58.09	57.65	75	71	74	73

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 10.99	— 8.76	— 11.34	— 10.36	— 10.61
2e »	— 7.92	— 6.44	— 7.71	— 7.36	— 7.45
3e »	— 10.32	— 8.82	— 9.82	— 9.65	— 9.69
Mois	— 9.76	— 8.03	— 9.62	— 9.14	— 9.26

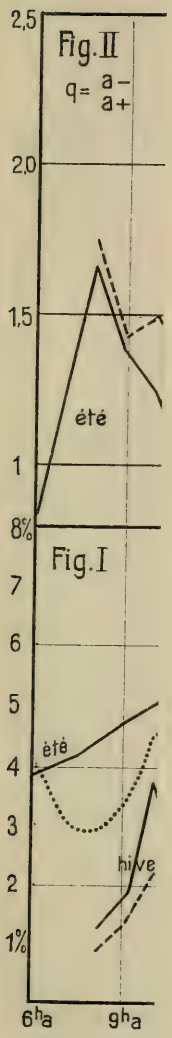
Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

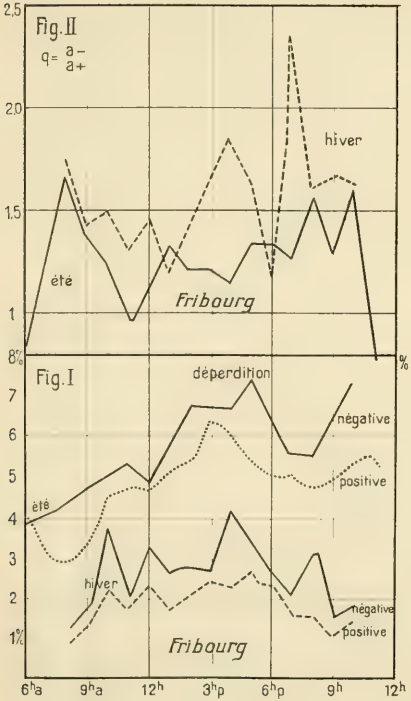
Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{32}{104} = 0.31$.

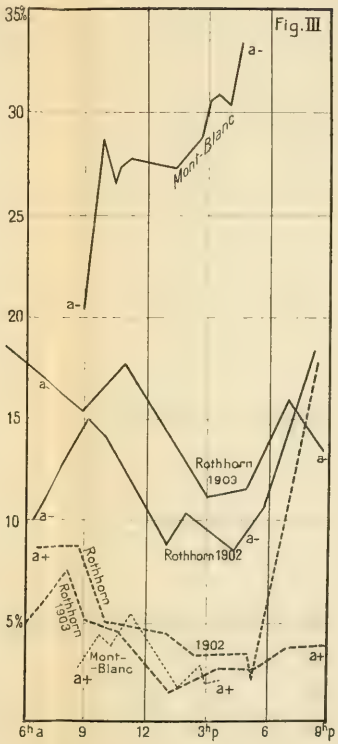
La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 77.4 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	36.2	31.8	36.4	93.8
Neige en centimètres....	?	15cm	51cm	92cm


2,5
Fig.II
q= a−/a+
2,0
1,5
été
1
8%
Fig.I
7
6
5
été
4
3
hiver
2
1%
6ha
9ha





Albert Gockel. Variation diurne de la déperdition de l'électricité dans l'atmosphère

SUR UNE

NOUVELLE DÉTERMINATION

DE

L'INTERVALLE MOLÉCULAIRE

DANS

LES SOLIDES ET LES LIQUIDES

PAR

L. DÉCOMBE

La célèbre expérience de Newton sur la dispersion de la lumière dans le prisme a été le point de départ d'une longue série de brillantes recherches dont il a donné l'interprétation suivante encore classique aujourd'hui :

1° La lumière blanche n'est pas simple, mais composée d'une infinité de rayons différents présentant les couleurs que l'on observe dans le spectre.

2° Chacun de ces rayons est simple, c'est-à-dire indécomposable par le prisme.

3° Ils sont inégalement réfrangibles.

Si l'on veut serrer de près le premier de ces énoncés, ont est amené tout d'abord à se demander ce qu'on entend par une infinité de rayons superposés dans la lumière blanche. Le mot infinité, tel qu'on l'emploie d'ordinaire dans le langage mathématique et tel que l'a voulu, sans doute, employer Newton est

l'équivalent d'indéfiniment grand, c'est-à-dire de quantité plus grande que toute autre quantité donnée aussi grande que l'on veut. Or, une telle quantité ne saurait avoir d'existence réelle. C'est une conception commode de notre esprit, qui rend de grands ser-vices dans les spéculations mathématiques, mais qui ne saurait être appliquée à un phénomène naturel bien défini. En d'autres termes, un nombre infini de rayons voudrait dire un nombre indéfini; or, tout ce qui existe, par le fait même qu'il existe, c'est-à-dire qu'il a passé du domaine des possibilités à celui des réalités, est parfaitement défini. Il convient donc de substituer à l'énoncé de Newton, l'énoncé suivant qui, bien entendu, lui est entièrement équivalent au point de vue du fait qu'il s'agit d'exprimer, mais d'où la contradiction qu'on vient de signaler est absente :

« La lumière blanche est composée d'un *très grand nombre* de rayons différents présentant les couleurs que l'on observe dans le spectre. »

On peut arriver aux mêmes conclusions par des considérations d'ordre purement physique en se plaçant, par exemple, au point de vue de la théorie des ondulations. Dans cette théorie, en effet, chaque rayon doué d'une réfrangibilité particulière n'est, en dernière analyse, qu'un mouvement vibratoire très rapide de l'éther et de période parfaitement déterminée, les périodes les plus courtes correspondant aux rayons les plus réfrangibles.

Ces vibrations de l'éther seraient provoquées par des vibrations dont seraient animées les dernières particules des corps. Si l'on imagine que chaque molécule matérielle soit constituée par l'assemblage d'un certain

nombre de particules plus petites et si l'on admet que chacune de ces particules ne soit susceptible d'émettre, dans des conditions données, qu'une seule radiation de période bien déterminée, on voit que le nombre de radiations contenues dans un spectre quelconque sera nécessairement fini quoique très grand.

Je me propose, en me plaçant dans cette hypothèse, de donner une interprétation simple de la continuité du spectre et d'en déduire une limite inférieure des intervalles moléculaires dans les solides et dans les liquides.

Rappelons tout d'abord que les spectres fournis par les gaz ou les vapeurs incandescentes sont formés d'un nombre limité de raies brillantes diversement colorées suivant la région du spectre qu'elles occupent et séparées par de larges intervalles obscurs ; chacune de ces raies pouvant être considérée comme l'image de la fente du spectroscope, est d'autant plus étroite que la fente est plus fine. Au contraire, les solides et les liquides incandescents donnent un spectre absolument continu, du moins en apparence.

Dans les gaz et dans les vapeurs incandescentes, les molécules sont assez écartées les unes des autres pour que leur influence réciproque soit négligeable au moins comme première approximation. Par conséquent, le spectre qui leur correspond peut être considéré comme le spectre propre de la molécule, et si l'on y rencontre P raies, par exemple, c'est que la molécule considérée contient P particules possédant chacune une vibration propre et donnant lieu à une radiation distincte et bien déterminée. Dans les solides et les liquides, au contraire, les molécules sont assez rapprochées pour pouvoir s'influencer réciproquement. Par suite, les

périodes des différentes radiations émises par une molécule donnée dépendent essentiellement de l'action des molécules environnantes. Cette action est d'ailleurs insensible à toute distance supérieure au rayon ρ d'activité moléculaire. Si donc on considère les molécules profondes de la masse incandescente (supposée homogène), comme elles se trouvent toutes évidemment dans les mêmes conditions mécaniques, elles émettent des spectres identiques entre eux (et composés d'un nombre de raies égal à celui des parties vibrantes de la molécule), mais dans lequel chaque raie est déplacée par rapport à la position qu'elle occuperait dans le spectre de la molécule supposée libre.

Mais il en va autrement des molécules situées dans la couche superficielle d'épaisseur ρ. Chacune d'elles est en effet soumise de la part des molécules voisines à des actions perturbatrices d'autant plus faibles qu'elle est située plus près de la surface libre. Il en résulte que chaque région de la couche superficielle émet des radiations qui diffèrent d'autant plus des radiations émises par les molécules profondes, que la région considérée est plus voisine de la surface libre.

Si l'on admet que la distribution moléculaire n'est pas soumise à une orientation particulière, on voit qu'il y aura, en général, dans la couche superficielle, un nombre très grand de molécules situées à des distances différentes de la surface libre. Ces molécules donneront lieu à une série de spectres de raies brillantes qui diffèrent progressivement les uns des autres et dont la superposition constituera un spectre total ayant l'apparence de la continuité[1].

[1] On pourrait croire que les molécules profondes, beaucoup plus nombreuses que les molécules superficielles et émettant des

Cette interprétation conduit à une évaluation approchée de l'intervalle moléculaire moyen dans les solides et les liquides.

Les spectres continus les plus étalés qu'on ait jusqu'ici obtenus, ont approximativement une longueur de l'ordre de 15 mètres dans la région visible. En admettant que l'objectif de la lunette ait la même distance focale que la lentille du collimateur et que la fente de celui-ci ait pour largeur 50^{μ} (chiffre moyen), les raies spectrales ayant aussi dans ces conditions une largeur de 50^{μ}, il y en aura au moins

$$\frac{15.10^6}{50} = 3 \times 10^5,$$

dans l'étendue visible du spectre.

Or, en adoptant en moyenne une centaine de radiations visibles distinctes par molécule, on voit que la continuité apparente du spectre serait due à la superposition de

$$\frac{3 \times 10^5}{100} = 3000$$

spectres de raies brillantes, c'est-à-dire qu'il y aurait dans la couche superficielle plus de 3000 molécules situées à des distances variées au-dessous de la surface libre.

spectres tous identiques, les radiations qui leur correspondent doivent être particulièrement intenses dans le spectre. Il n'en est rien, grâce à la loi de Kirchhoff; les radiations émises par les molécules profondes sont absorbées par les molécules environnantes, si bien que seules les radiations dues aux molécules situées immédiatement au-dessous de la couche superficielle d'épaisseur ϱ peuvent arriver jusqu'à la surface libre et rayonner à l'extérieur.

En général il convient de poser :

$$3000 = N \times n,$$

N désignant le nombre moyen de molécules réparties sur la longueur ρ de la normale à la surface, et n le nombre de normales suivant lesquelles la répartition est différente.

Or, dans les liquides et les solides, les molécules ne sont pas éloignées du contact (la compressibilité de ces substances étant faible). Dans le cas limite où il y aurait contact, n devrait être égal à 2 et N à 1500, les molécules étant supposées sphériques.

On pourra donc écrire en général :

$$N \leq 1500$$

A la suite de diverses approximations concordantes, on admet généralement aujourd'hui que l'épaisseur ρ de la couche superficielle est de l'ordre de $0^{\mu},05$. Les intervalles moléculaires auraient donc pour limite inférieure :

$$\frac{0^{\mu},05}{1500} = \frac{1}{30000} \text{ de micron.}$$

Cette limite concorde aussi bien que possible avec celle qui a été assignée au diamètre des molécules par M. Lippman[1], d'une part et sir W. Thomson[2] d'autre part, en se fondant sur des considérations d'un tout autre ordre.

Ajoutons que l'absence de couche superficielle dans les gaz et les vapeurs (dont le spectre est discontinu) peut être considérée comme une confirmation de notre manière de voir.

[1] *Comptes rendus*, 1882.

[2] Conférences scientifiques, p. 141. Paris, Gauthier-Villars.

LA THÉORIE

DE LA

SYNCHRONISATION DES HORLOGES

PAR

Jules ANDRADE

On appelle synchronisation une liaison établie entre les battements des pendules régulateurs de deux horloges; cette liaison peut être assez complète pour assurer aux deux horloges un accord diurne voisin du centième de seconde, comme l'a montré Cornu. La synchronisation fut d'abord imaginée par Foucault pour reproduire en divers locaux d'un même observatoire les battements d'une horloge directrice unique; mais elle peut aussi transformer une médiocre horloge d'atelier en un régulateur de précision.

Foucault a non seulement posé le problème en termes précis, mais encore il a le premier formulé des conditions de synchronisation[1].

La méthode de Foucault a été réalisée par l'artiste Vérité de Beauvais. Cette méthode peut ainsi se résumer :

On atténue l'effet propre à l'échappement de l'hor-

[1] Académie des Sciences, *Comptes Rendus*, 13 septembre 1847.

loge synchronisée et l'on compense cette atténuation par une action électro-magnétique dont le rythme est emprunté à l'horloge-mère.

En d'autres termes on associe à l'échappement ordinaire ou *de position* un échappement *à temps* sans contact direct, mais à action électro-magnétique. Il ne semble pas que cette règle de Foucault ait attiré de suite l'attention qu'elle méritait.

Sans doute, au point de vue strictement mathématique, on peut, en négligeant toutefois l'influence de l'échappement, rattacher le phénomène de synchronisation aux propriétés des équations différentielles linéaires à seconds membres périodiques et c'est en somme ce qu'a fait Cornu. Réduite à ses termes essentiels, toute la théorie se résume alors dans la remarque suivante :

Si, d'une part, l'équation du mouvement avec second membre périodique du temps t, et de période T', admet une solution périodique de même période, $F(t)$, et si l'équation privée de second membre admet une solution générale représentant un mouvement amorti, $G(t)$, la solution complète du problème sera $F + G$, et comme $G(t)$ tend vers zéro pour t infini, le mouvement tendra vers le régime limite $F(t)$ de période T'.

La nécessité de l'amortissement pour la synchronisation stable apparaît donc clairement et Cornu, dans ses mémoires de 1887 et 1894 y a insisté fortement.

Il est vrai que ce rôle de l'amortissement avait été parfois méconnu.

Peu avant les travaux de Cornu avait paru dans le *Philosophical Magazine* de 1883 un mémoire d'Everett puis un mémoire de Lord Rayleigh. Bien que ces articles

n'aient pas la synchronisation comme objectif, ils renferment l'un et l'autre des vues intéressantes sur les vibrations *contraintes* ou sur les vibrations stables.

On a quelquefois présenté le mémoire d'Everett comme une théorie de la synchronisation; il n'en est rien, car d'une part l'auteur n'y considère qu'une force synchronisante sinusoïdale, et, d'autre part, s'il suppose qu'un régime limite est atteint, il ne le montre nullement. L'intérêt du mémoire d'Everett est surtout dans une application aux marées d'un théorème très spécial.

Quant au mémoire de lord Rayleigh il renferme des exemples nets de vibrations périodiques stables et la théorie du phénomène de Melde.

Depuis le mémoire de Foucault publié en 1847, on ne trouve donc point d'étude systématique de la synchronisation avant les travaux de Cornu; l'ensemble de ces derniers travaux est réuni dans le mémoire de 1894, publication d'une conférence faite par Cornu au Congrès international des Electriciens. Ce mémoire développe et illustre expérimentalement la théorie dont nous résumions plus haut la teneur mathématique en quelques mots. Quelque chose manque peut-être au beau mémoire de Cornu, c'est la comparaison entre les méthodes de Foucault et de Cornu.

Je me propose dans cet article, d'abord de présenter les idées de Cornu d'une manière nouvelle et assez élémentaire pour être exposée aux élèves d'une école d'horlogerie, et ensuite de compléter son analyse en tenant compte du rôle de l'échappement propre de l'horloge synchronisée. Nous serons ainsi conduits à réunir dans les prévisions d'une même théorie la méthode de Foucault et la méthode de Cornu.

I. *Théorie géométrique de la synchronisation d'un pendule libre.*

On sait quelle est l'importance de la notion de la projection des mouvements pour exposer d'une manière tout à fait élémentaire la théorie des oscillations pendulaires simples; la même notion peut, avec une égale simplicité, servir à l'intelligence complète des mouvements pendulaires amortis, lorsque du moins l'amortissement est constant, extension qui est due à Cornu. A cet effet je considère le mouvement que je nommerai *mouvement spiral uniforme;* c'est le mouvement d'un point mobile M autour d'un point fixe O, mouvement tel que le rayon vecteur OM tourne dans le plan avec une vitesse angulaire constante, tandis que la longueur du rayon vecteur diminue proportionnellement comme les puissances d'une quantité fixe moindre que 1, dont l'exposant est proportionnel au temps (fig. 1).

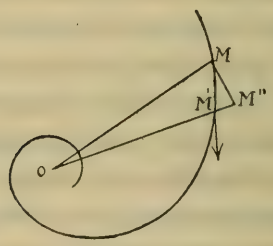


Fig. 1.

Cherchons d'abord la vitesse puis l'accélération du mobile M soient M et M' les positions du mobile aux époques infiniment voisines t et $t + \theta$; soit V l'angle que fait la vitesse W du mobile représentée par la droite

MM′ prolongée avec le rayon vecteur MO ; soit r la vitesse angulaire constante avec laquelle tourne autour de O le rayon vecteur OM. Le triangle OMM′ nous donne alors la proportion

$$\frac{MM'}{\sin MOM'} = \frac{OM'}{\sin V}$$

d'où, à la limite, en nommant ρ la distance OM

$$\frac{W\theta}{r\theta} = \frac{\rho}{\sin V} \quad \text{ou} \quad W = \frac{r}{\sin V}\rho \qquad (1)$$

et comme d'autre part, a désignant un nombre fixe, on a

$$OM' = OM \times a^{-m\theta}$$

d'où

$$\frac{OM' - OM}{OM} = a^{-m\theta} - 1 ;$$

ainsi si $OM' - OM = d\rho$, la limite du rapport $\frac{d\rho}{\rho\theta}$ sera la limite du rapport $\frac{a^{-m\theta} - 1}{\theta}$ quand θ tend vers zéro.

On conclut de là que si $OM'' = OM$ l'angle M′MM″ tend vers une limite constante, le complément de cette limite, c'est-à-dire l'angle V est donc constant. De ce fait rapproché de la relation (1) nous concluons : La vitesse W s'obtient en faisant tourner le segment MO d'un angle constant V et en multipliant ce segment par le rapport $\frac{r}{V\sin}$

Cherchons de même l'*accélération* du point M. On voit aisément que si, par un point fixe I on mène des droites IA, IB qui représentent les vitesses du mobile aux époques t et $t + \theta$, il résulte de ce qui précède

que le point A se meut autour de I d'un mouvement spiral uniforme, la vitesse du point A, c'est-à-dire l'accélération du point M fait donc avec IA l'angle V et sa valeur sera

$$\frac{r}{\sin V} W = \left(\frac{r}{\sin V}\right)^2 \rho$$

Si donc on veut représenter sur la figure 1 la disposition de la vitesse et de l'accélération du point M, il suffira d'observer que la direction de l'accélération est le segment symétrique du segment OM par rapport à la direction déjà tracée de la vitesse de M.

Soient alors (fig. 2) OX et OY deux demi-droites issues de O et telles que l'angle YOX décrit à partir de OY dans le sens du mouvement spiral soit encore égal à V; tra-

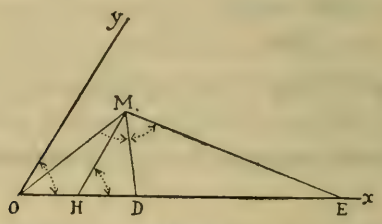


Fig. 2.

çons par M une parallèle à OY et considérons les points où cette droite, d'une part, et la vitesse et l'accélération d'autre part coupent respectivement la droite OX; soient H, D, E ces points respectifs, nous poserons

$$\begin{cases} OH = x;\ MH = y;\ OM = \rho;\ OD = \sigma;\ HE = U';\ DE = U'';\\ ME = U;\ MD = b;\ HD = u \end{cases}$$

Observons que les angles $D\hat{M}E$, $O\hat{M}D$, $M\hat{H}D$ sont égaux à l'angle V et par suite que :

1° les droites MH et OM sont anti-parallèles par rapport à l'angle $M\hat{D}O$.

2° les droites MH et MD sont anti-parallèles par rapport à l'angle MÊO.

Les deux groupes de triangles semblables qui en résultent donnent :

$$\frac{\rho}{y} = \frac{b}{u} = \frac{\sigma}{b} \tag{2}$$

$$\frac{U}{U''} = \frac{U'}{U} = \frac{y}{b} \tag{3}$$

L'accélération j du mobile M est dirigée suivant $\overrightarrow{EM}$ et sa valeur est, comme on vient de le voir $j = \frac{r^2}{\sin^2 V}\rho$

La vitesse W est dirigée suivant MD et sa valeur est $\frac{r}{\sin V}\rho$.

Etudions maintenant le mouvement du point H projection oblique du point M ; la vitesse et l'accélération de H seront les projections obliques de la vitesse et de l'accélération de M ; si donc nous désignons par W_x et j_x ces projections obliques de W et de j nous aurons immédiatement sur la figure 4 :

$$W_x = W \frac{u}{b}$$

$$-j_x = j \frac{U'}{U}$$

ou encore, en ayant égard aux relations (2) et (3) et en observant que MD est une bissectrice du triangle OME.

$$\begin{cases} W_x = \frac{r}{\sin V}\rho \frac{u}{b} = \frac{r}{\sin V} y \\ -j_x = \frac{r^2}{\sin^2 V}\rho \frac{U}{U''} = \frac{r^2}{\sin^2 V} \frac{\rho^2}{\sigma} \end{cases} \tag{4}$$

Or, le triangle OMH nous donne

$$\begin{aligned}\rho^2 &= x^2 + y^2 + 2xy \cos V \\ &= (\sigma - u)^2 + y^2 + 2(\sigma - u)\, y \cos V \\ &= \sigma(\sigma - 2u + 2y \cos V) + (u^2 + y^2 - 2uy \cos V) \\ &= \sigma(\sigma - 2u + 2y \cos V) + \sigma^2\end{aligned}$$

d'où en ayant égard à l'une des égalités (1)

$$\begin{aligned}\frac{\rho^2}{\sigma} &= \sigma - 2u + 2y \cos V + u \\ &= x + 2\, y \cos V\end{aligned}$$

donc enfin on obtient pour la loi de l'accélération j_x

$$-j_x = \left(\frac{r}{\sin V}\right)^2 x + \left(\frac{r}{\sin V}\right)^2 2y \cos V$$

ou en vertu de la première relation (4)

$$(5) \qquad -j_x = \left(\frac{r}{\sin V}\right)^2 x + 2r \frac{\cos V}{\sin V} W_x$$

Ainsi le mouvement rectiligne du point H *a une accélération qui est la résultante d'une accélération de rappel proportionnelle à l'écart x et d'une accélération proportionnelle à la vitesse de* H *mais dirigée à l'encontre de celle-ci.*

Réciproquement, tout mouvement rectiligne dont l'accélération est donnée par la formule :

$$(6) \qquad j_x = -px - qW_x\,; \quad \begin{cases} p = \text{coefficient de l'accélération pendulaire.} \\ q = \text{coefficient d'amortissement.} \end{cases}$$

pourra être considéré comme la projection oblique d'un mouvement spiral uniforme pourvu que le coefficient d'amortissement ne soit pas trop grand.

En effet si nous cherchons à identifier les équations (5) et (6) nous poserons

$$(7)\quad \begin{cases} p = \dfrac{r^2}{\sin^2 V} \\ q = 2r\,\dfrac{\cos V}{\sin V} \end{cases} \qquad \text{d'où} \qquad \begin{cases} r^2 = p - \dfrac{q^2}{4} \\ \sin^2 V = \dfrac{p - \frac{q}{4}^2}{p} \end{cases}$$

ces solutions seront admissibles si $q < 2\sqrt{p}$

Nous envisageons un pendule dépourvu de tout échappement et nous supposerons d'abord, sauf à revenir sur ce point à la fin de cet article, que la résistance au mouvement possède un coefficient d'amortissement rigoureusement constant ; si le pendule est abandonné à lui-même il aura le mouvement amorti que nous venons d'étudier. Au contraire faisons agir sur lui une force périodique de période T′ le mouvement du pendule va tendre alors vers un régime périodique (mais non sinusoïdal) de période T′.

C'est ce que nous proposons de démontrer en nous appuyant sur les considération géométriques qui précédent.

De l'époque t_0 à l'époque t_1, nous considérons le mouvement défini par (6), les coefficients p et q dépendant par (7) de la vitesse de rotation r et de l'angle V. A l'époque t_1 le mobile est en M_1 et l'angle $M_0OM_1 = r\,(t_1\text{-}t_0)$ (fig. 3). Supposons maintenant qu'à partir de l'époque t_1 et jusqu'à l'époque t_2 nous prolongions le mouvement (6) par le mouvement suivant :

$$(8)\qquad j_x = j_0 - px + qW_x \qquad (j_0 = \text{constante})$$

sans discontinuité dans la vitesse et dans la position du mobile sur la droite OX.

On voit de suite que si l'on pose $x' = x - \frac{j_0}{p}$ le mouvement (8) a pour équation

$$j_x = -px' + qW_x$$

Donc le mouvement (8) sur OX va être ainsi représenté : portons sur OX, le segment $OO' = \frac{j_0}{p}$ traçons à partir de M_1 un arc de spirale ayant O' comme point asymptotique et toujours l'angle V comme angle caractéristique, et utilisons un arc de spirale tel que l'angle $M_1O'M_2 = r(t_2 - t_1)$. La projection sur OX du mouvement spiral $M_1 M_2$ représentera alors le mouvement (8) continuation du mouvement (6) jusqu'à une époque t_2.

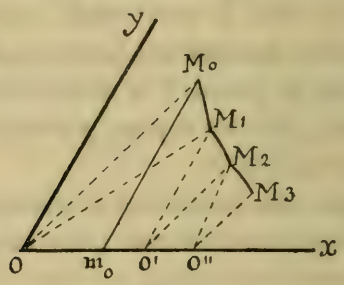


Fig. 3.

Une nouvelle accélération agissant de t_2 à t_3 donnera lieu à un second transport d'origine de O' en O'' et à un arc de spirale M_2M_3, et ainsi de suite ; l'opération pourra être répétée autant de fois qu'il sera nécessaire jusqu'à ce qu'on arrive à l'époque $t_0 + T'$ à partir de laquelle les mêmes lois de mouvement vont se reproduire périodiquement, puisque nous supposons que nous faisons agir sur les corps en mouvement rectiligne des forces constantes *en nombre fini* et formant un ensemble périodique de période T'.

Les mêmes représentations de mouvement vont donc se reproduire périodiquement mais les valeurs initiales de x et de $\frac{dx}{dt}$ ne se retrouvent pas les mêmes à la fin de la première période sans quoi le régime permanent serait déjà atteint. Mais je dis que pour t_0 donné les valeurs de x et $\frac{dx}{dt}$ envisagées aux époqnes $t_0 + n\mathrm{T}'$, tendent pour n entier et infini vers une valeur limite.

Pour le voir j'envisage le point représentatif des valeurs de x et $\frac{dx}{dt}$ à l'époque $t_0 + n\mathrm{T}'$; soit $\mathrm{M}_0{}^n$ ce point. Pour t_0 donné le passage d'un point $\mathrm{M}_0{}^n$ à un point $\mathrm{M}_0{}^{n+1}$ définit une certaine transformation du plan. J'entends par là que si l'on fait varier arbitrairement les éléments initiaux du mouvement, la figure formée par l'assemblage des points correspondants $\mathrm{M}_0{}^n$ se changera en une figure formée par l'assemblage des points $\mathrm{M}_0{}^{n+1}$. Or de la représentation graphique qui précède il appert que la transformation considérée résulte des transformations successives suivantes :

1° une rotation *donnée* autour de O suivie d'une condensation homothétique *donnée* autour du même point O.

2° une rotation *donnée* auteur de O′ suivie d'une condensation homothétique *donnée* autour du même point O′ etc., etc. ; *dès lors en faisant varier les circonstances initiales* on obtient un assemblage de points $\mathrm{M}_0{}^n$, en d'autres termes une figure que la transformation résultante des transformations précédentes change en un assemblage de points $\mathrm{M}_0{}^{n+1}$ formant une figure *directement semblable* à la première.

Or on sait que cette transformation du plan possède un point double X qui est alors nécessairement le centre d'une rotation *donnée* accompagnée d'une condensation homothétique *donnée* autour du même point.

Les points M_0^n, M_0^{n+1} (fig. 4) sont donc des points appartenant à une même et nouvelle spirale ayant X pour point asymptotique ; la distance $M_0^n X$ décroît en progression géométrique quand l'entier n croît en progression arithmétique.

Donc les circonstances initiales étant quelconques mais données le point M_0^n a pour limite le point X.

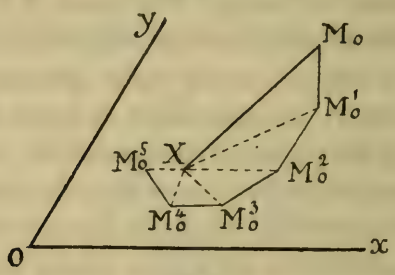


Fig. 4.

Ces résultats sont vrais en toute généralité quels que soient le nombre et les grandeurs des forces constantes de synchronisation j_0, j_1 etc. ; pourvu que la répartition de celles-ci soit périodique dans le temps ; donc ces résultats restent encore vrais pour une force synchronisante mais périodique quelconque.

II. *Conditions de synchronisation d'une horloge pourvue d'un échappement.*

Tous ceux qui ont étudié avec quelqu'attention le problème des échappements savent que les artistes ont

résolu là un problème de mécanique sur lequel les théoriciens n'ont guère projeté de clarté.

Il nous faut cependant, pour l'objet que nous avons en vue, nous faire une idée approchée du rôle de l'échappement dans le régime permanent d'une horloge ou d'un chronomètre.

Et dans l'état présent de la question il parait difficile de ne s'en point tenir à l'approximation qui regarde le choc réparateur comme instantané ; c'est ce que je ferai dans ce mémoire où je me propose d'obtenir des conditions suffisantes de synchronisation d'une horloge soumise non seulement à sa force de ressort mais encore aux perturbations suivantes :

1° à un amortissement sensiblement constant ;

3° à une force synchronisante périodique, laquelle est toujours une force électro-magnétique ;

3° à son échappement propre.

Je dirai d'abord quelques mots sur les limites de l'amplitude que j'appellerai *normales*, pour un balancier soumis à un échappement donné, à son amortissement naturel et à son ressort.

Il est bien entendu que, dans ce qui va suivre, amortissement et choc réparateur du balancier sont des quantités de même ordre, mais petites vis-à-vis de la force du ressort (élasticité ou pesanteur).

Supposons que, sans l'action de l'échappement, le balancier considéré eût un mouvement représenté par l'équation suivante où $x\ (t)$ est l'écart fonctions du temps t et où $x'\ (t)$ est la vitesse ou $\frac{dx}{dt}$, savoir :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = - R_0 x - \lambda_0 \frac{dx}{dt}$$

Faisons agir l'échappement ; posons :

$$\begin{cases} K^2 = R_0 \\ x = y_0 \sin Kt + z_0 \cos Kt \\ x' = Ky_0 \cos Kt - Kz_0 \sin Kt \end{cases}$$

et prenons y_0 et z_0 comme fonctions inconnues remplaçant x et x' nous pourrons alors appliquer la méthode de la variation des constantes aux constantes y_0 et z_0 devenues variables ; après un calcul court et facile nous obtenons alors les résultats suivants, dans lesquels nous supposons pour simplifier que l'échappement agit instanément au point mort et symétriquement dans les deux sens de l'oscillation. Soit A *le degré d'amortissement* relatif à une oscillation simple c'est-à-dire la quantité $\frac{\lambda_0 \pi}{2K}$; soit U_0 la valeur absolue de la demi-amplitude initiale de l'oscillation en cours; soit $E(U_0)$ l'effet simple de l'échappement, fonction de U_0 et par conséquent de la vitesse du pendule au moment du choc; soit U_1 la valeur absolue de la demi-amplitude finale de l'oscillation en cours ; il existe une relation

$$U_1 = \varphi(U_0) \tag{8}$$

et la méthode de la variation des constantes nous apprend que cette relation est approximativement de la forme

$$U_1 = U_0 - AU_0 + \frac{E(U_0)}{K} \tag{8 bis}$$

Lorsque le régime permanent sera établi l'amplitude de régime sera une solution de l'équation $U = \varphi(U)$ c'est-à-dire *sensiblement* une solution de l'équation.

$$U = \frac{E(U)}{AK} \tag{8 ter}$$

Ces considérations doivent être complétées pour la rigueur de la prévision d'un régime asymptotique stable.

Nous nous servirons dans ce but d'un théorème fort simple de M. Kœnigs que son auteur a fait servir à des recherches purement analytiques.

Ce théorème consiste en ceci que si pour la valeur de U racine de l'équation $U = \varphi(U)$ la dérivée de la fonction $\varphi(U)$ est, en valeur absolue, moindre que 1 les substitutions répétées $U_{i+1} = \varphi(U)$ $(i = 0, 1, 2, \ldots \infty)$ seront convergentes vers la racine U pourvu que la valeur de départ U_0 soit déjà dans un voisinage suffisante de U.

Cette règle appliquée à l'équation (8) ou sensiblement à l'équation (8 *bis*) nous donne, en faisant

$$E'(U_0) = \frac{dE}{dU_0}$$

la conséquence suivante :

Si pour la racine U de l'équation $U = \varphi(U)$ on a

$$A > \frac{E'(U)}{K} \tag{9}$$

la machine horaire considérée *admettra un régime limite stable.*

La fonction $E(U_0)$ est mal connue ; mais, nulle pour des valeurs très grandes de U_0, elle est aussi nulle pour de faibles valeurs de U_0 tout au moins, dans les horloges et dans les chronomètres dont l'échappement ne provoque pas le départ du balancier au repos ; cette fonction passe donc dans le cas sus-énoncé par un maximum ; comme en ce cas la dérivée $E'(U)$ est nulle on voit que si l'amplitude de régime d'un balancier à amortissement sensiblement constant est aussi celle qui

utilise le mieux l'impulsion de l'échappement, cette amplitude sera aussi celle d'un régime limite stable.

A ces considérations nécessairement un peu vagues j'ajouterai les suivantes :

Les artistes qui ont bien voulu m'exprimer une opinion à ce sujet regardent l'effet de l'échappement comme sensiblement constant aux amplitudes *normales* c'est-à dire habituellement utilisées. Nous admettrons donc ici que si l'on modifie aisément l'énergie d'un échappement en faisant varier les *inclinaisons des levées* le rapport $\frac{E'(U)}{KE(U)}$ reste néanmoins petit aux amplitudes *normales*.

Les conditions (8 *ter*) et (9) seront alors certainement réalisées et la stabilité du régime permanent sera assurée.

Je me placerai dans ce qui va suivre dans des conditions analogues et j'admettrai que la force synchronisante soit déterminée (comme nous le verrons) dans le but de synchroniser sous une amplitude donnée appartenant au champ des amplitudes dites *normales* dont le caractère mathématique sera pour nous que le rapport $\frac{E'(U)}{KE(U)}$ est pratiquement petit.

Nous pouvons maintenant aborder le problème proprement dit de la synchronisation.

Pendant que l'échappement n'agit pas sur le balancier le mouvement de celui-ci est défini par une équation de la forme

$$(10) \qquad \frac{d^2x}{dt^2} + (\lambda_0 + l)\frac{dx}{dt} + (R_0 + r)\,x = F(t)$$

$F(t)$ est l'accélération synchronisante de période T',

l et r sont pes quantités petites devant λ_0 et il en est de même de leurs dérivées. Posons, d'abord comme plus haut $K^2 = R_0$, puis $K'^2 = R'_0 = \left(\frac{2\pi}{T'}\right)^2$; puis

$$(11) \qquad \begin{cases} \lambda = \dfrac{\pi\lambda_0}{K'} \\ \mu = \dfrac{\pi\,(R_0 - R'_0)}{K'^2} \end{cases}$$

et faisons ici le changement de fonctions

$$(12) \qquad \begin{cases} x = y \sin K't + z \cos K't \\ \dfrac{1}{K'}\dfrac{dx}{dt} = y \cos K't - z \sin K't \end{cases}$$

et appliquons encore la méthode de la variation des constantes. Soit t_0 une époque quelconque, mais *fixe* dans le raisonnement qui va suivre, soient y_0 et z_0 les valeurs de y et z en t_0 soient y_1 et z_1 leurs valeurs à l'époque $t_0 + T'$, y_2 et z_2 leurs valeurs à l'époque $t_0 + 2\,T'$, ... etc., etc. Nous envisageons les relations :

$$(13) \qquad \begin{cases} y_{i+1} = \Phi\,(y_i, z_i) \\ y_{i+1} = \Psi\,(y_i, z_i) \end{cases}$$

La méthode de la variation des constantes nous donne pour valeur approchée des fonctions Φ et Ψ les suivantes où E' désigne l'effet simple de l'échappement, *deux fois répété* et agissant la première fois à l'époque t_1

$$(13\ bis)\quad \begin{cases} \Phi(y,z) = -\mu z + (1-\lambda)\, y + \dfrac{2E'}{K_2} \cos K't_1 \\ + \displaystyle\int_{t_0}^{t_0+\frac{2\pi}{K'}} \dfrac{F(t)\cos K't}{K'}\, dt \\ \Psi(y,z) = (1-\lambda)\, z + \mu y - \dfrac{2E'}{K'} \sin K't_1 \\ - \displaystyle\int_{t_0}^{t_0+\frac{2\pi}{K'}} \dfrac{F(t)\cos K't}{K'}\, dt \end{cases}$$

L'effet E de l'échappement est en réalité une fonction de la demi-amplitude $\rho = \sqrt{y^2 + z^2}$, mais comme plus haut nous nous maintiendrons dans les amplitudes normales pour lesquelles E peut-être régardé comme constant.

Dès lors, soient $y_0 = \rho_0 \sin \alpha_0$, $z_0 = \rho_0 \cos \alpha_0$ $K't_1 = \alpha_0 + \frac{\pi}{2}$, et soient $\bar{y}_0$, $\bar{z}_0$ les valeurs solutions du système

$$\bar{y}_0 = \Phi(\bar{y}_0, \bar{z}_0)$$
$$\bar{z}_0 = \Psi(\bar{y}_0, \bar{z}_0)$$

posons :

$$\Delta y = y - \bar{y}_0, \qquad \Delta z = z - \bar{z}_0$$
$$\Delta y_0 = \varepsilon_0 \sin \theta_0, \qquad \Delta z_0 = \varepsilon_0 \cos \theta_0$$
$$\Delta y_1 = \varepsilon_1 \sin \theta_1, \qquad \Delta z_1 = \varepsilon_1 \sin \theta_1$$

Par un calcul facile que j'ai indiqué dans une note à l'Académie, (27 juillet 1903), nous déduirons alors de (13), en supposant ε_0 suffisamment petit et négligeant des quantités de l'ordre de ε_0^2

$$(14)\quad \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1} = \mu \sin(\theta_0 - \theta_1) + (1-\lambda)\cos(\theta_0 - \theta)$$
$$- \frac{2E'}{K'\rho_0} \sin(\theta_0 - \alpha_0) \sin(\theta_1 - \alpha_1)$$

la valeur absolue de la somme des deux premiers termes du second membre est moindre que

$$\sqrt{(1-\lambda)^2+\mu^2}\,;$$

la relation 14 nous montre alors que la condition

$$(15)\qquad \sqrt{(1-\lambda)^2+\mu^2}+\frac{2\,|E'|}{K'\rho_0}<1$$

$|E'|$ désignant la valeur absolue de E'

rendra les substitutions (13) indéfiniment répétées convergentes. En effet les ε_i décroissent alors plus rapidement que les termes d'une progression géométrique; donc il y a régime limite de période T', donc synchronisation. Si μ est une quantité de l'ordre de λ, la condition (15) peut s'écrire

$$\lambda>\frac{2E'}{K'\rho_0}$$

K' étant peu différent de K, cette condition peut s'écrire encore avec les notations employées plus haut

$$(16)\qquad \rho_0>\frac{|E'|}{A'K}\qquad \left\{\begin{array}{l}\text{A' étant l'amortissement pour une demi oscillation.}\\ \text{E' étant l'effet simple de l'échappement.}\end{array}\right.$$

Les éléments A' et E' se rapportent à l'état de synchronisation.

Les éléments A et E nous avaient donné plus haut

$$u_0=\frac{E}{AK}$$

Cette égalité rapprochée de l'inégalité 16 va nous justifier la méthode de Cornu aussi bien que celle de Foucault.

Si nous supposons $\rho_0 = u_0$, $A' = A$; la condition (16) signifiera $|E'| < E$ l'échappement doit donc être atténué, c'est la méthode de Foucault-Vérité. Supposons maintenant $\rho_0 = u_0$, $|E'| = E$, la condition (16) signifie alors $A' > A$; l'amortissement naturel de l'horloge devra alors être augmenté par un amortissement électro-magnétique additionnel, c'est la méthode de Cornu.

Les relations (13)*bis* permettront de former les équations

$$\overline{y_0} = \Phi(\overline{y_0}, \overline{z_0})$$
$$\overline{z_0} = \Psi(\overline{y_0}, \overline{z_0})$$

qui fixeront alors les éléments influents de la force synchronisante. Je ne crois pas devoir développer davantage ces conséquences faciles. Mais j'insisterai au contraire sur une objection qui doit être faite à la méthode précédente.

Nous avons supposé l'échappement agissant instantanément au point mort; c'est évidemment là une fiction.

Nous avons raisonné alors comme si deux impulsions de l'échappement venaient à agir dans l'intervalle de temps compris entre les époques t_0 et $t_0 + T'$.

L'amortissement seul ne modifie la durée d'oscillation T du pendule synchronisé que d'une quantité du second ordre.

En réalité le raisonnement esquissé plus haut doit être complété de la manière suivante.

Si l'horloge synchronisée tend à retarder sur l'horloge-mère *et si ce retard se maintient en tendant*

vers o durant le régime variable, la condition (15) devrait être, comme plus haut, remplacée par celle-ci :

$$\lambda > \frac{|2E'|}{K'\rho_0}$$

Au contraire, si l'horloge synchronisée avance sur l'horloge-mère *et si cette avance se maintient en tendant vers zéro* durant le régime variable, la condition (15) doit être remplacée par celle-ci :

$$\lambda > \frac{3|E'|}{K'\rho_0}$$

Cette dernière ne fait qu'accentuer l'atténuation de l'échappement dans la méthode de Foucault ou le renforcement de l'amortissement additionnel dans la méthode de Cornu.

On pourrait sans doute objecter encore que le régime variable peut comporter un chevauchement, et dans ce cas les fonctions Φ et Ψ envisagées plus haut ne seraient plus nettement définies.

Mais ces objections n'ont, au point de vue physique, aucune importance, car elles tiennent à la fiction du choc instantané.

En d'autres termes, la théorie complète de la synchronisation reste intimement liée à la théorie des substitutions répétées pour laquelle il est aisé de généraliser le théorème de M. Kœnigs au cas de plusieurs variables. La théorie que je viens d'esquisser peut alors se résumer ainsi en revenant au choc réel : Il y a des conditions de convergence pour les substitutions répétées à deux variables qui représentent les états de la pendule influencée, aux époques $t_0 + iT'$ ($i = 0, 1, 2 \infty$) ces conditions doivent être peu différentes de celles que

nous trouvons dans le cas simple le plus défavorable, parmi ceux où la fiction du choc instantané reste logiquement admissible.

Si imparfaite que doive être actuellement au point de vue purement mathématique cette théorie de la synchronisation d'une horloge à échappement, j'espère qu'elle intéressera les physiciens.

Rien n'est d'ailleurs plus facile que de supprimer l'échappement de l'horloge synchronisée, il serait intéressant alors de faire servir la théorie de la synchronisation à l'étude expérimentale de l'amortissement naturel des balanciers à suspension flexible en variant les conditions de la résistance de l'air.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

mars, avril et mai 1903.

(PRINTEMPS 1903.)

OBSERVATIONS DIVERSES

Mars 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : le 8 à Savatan; les 6 et 17 à Dailly; les 4, 6, 8, 17, 28, 29 et 31 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : le 9 à Lavey; les 2, 3 et 9 à Savatan ; du 1er au 20 et le 31 àDailly; neige persistant sur le sol tout le mois à l'Aiguille.

Fœhn : le 15 à Lavey et Savatan; les 23, 25, 26 et 27 à Lavey, Savatan et Dailly.

Avril 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : le 23 à Savatan; les 17, 23, 24 et 29 à Dailly; les 1er, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 27 et 29 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 17 et 19 à Lavey et Savatan; le 1er, du 3 au 6, du 8 au 14, du 17 au 21 et les 24 et 25 à Dailly; du 1er au 28 à l'Aiguille.

Fœhn : les 21 et 22 à Lavey et Savatan.

Halo lunaire le 7.

MOIS DE MARS 1903

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	703.5	656.7	+ 4.5	+ 0.5	60	65	4	4	4	4.5	....	3.8	**4**	4.1	5	2.3	5
2	699.3	652.5	2.9	0.0	71	66	10	9	9	16.0	....	9.8	2	11.1	13	11.0	13
3	**690.8**	**644.6**	1.5	- 1.2	**96**	100	10	10	10	**17.7**	....	**14.9**	....	9.9	**14**	10.3	**20**
4	706.7	659.4	3.1	- 0.8	63	66	3	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
5	707.2	660.4	4.3	+ 4.0	45	39	6	6	4	....	....	....	....	....	....	....	....
6	707.2	659.8	5.2	+ 0.3	82	88	10	10	10	9.1	....	12.0	....	**21.4**	13	**17.6**	13
7	707.5	660.4	+ 1.5	- 3.1	62	94	3	3	6	....	....	....	....	....	....	....	....
8	707.1	659.9	- **1.3**	- **4.8**	77	89	9	8	9	2.3	**1**	2.3	3	6.9	8	10.0	9
9	704.8	657.3	+ 0.1	- 4.4	67	89	5	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	701.8	654.7	1.5	- 1.9	52	60	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	703.0	656.1	3.3	+ 0.5	53	52	2	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
12	702.6	655.9	4.9	1.3	43	50	8	3	6	....	....	....	....	....	....	....	....
13	703.5	656.9	5.5	1.4	46	51	3	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
14	703.3	656.9	6.3	2.6	40	47	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
15	699.7	654.0	8.3	3.6	37	47	6	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
16	699.3	653.0	5.7	+ 1.8	75	77	10	8	10	12.8	....	11.7	....	13.4	9	9.1	10
17	704.1	656.9	4.4	- 0.1	74	87	9	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
18	707.0	659.6	4.9	+ 1.7	72	76	7	5	7	7.0	....	7.5	....	14.2	3	11.6	5
19	712.4	664.2	4.9	0.2	66	88	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
20	**714.3**	666.6	5.5	2.4	58	61	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	713.8	**666.9**	8.7	6.5	47	48	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
22	713.6	666.7	10.1	8.8	46	43	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	708.4	662.5	13.1	9.8	36	**37**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	705.2	659.1	12.3	9.0	45	45	0	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
25	702.7	657.4	**14.5**	**10.2**	36	46	1	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	697.3	652.6	13.9	8.5	**33**	42	9	6	8	....	....	....	....	....	....	....	....
27	698.0	652.4	9.8	5.7	61	64	10	10	9	9.5	....	9.7	....	10.3	....	6.5	4
28	705.9	658.6	7.2	4.8	67	84	1	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
29	709.1	661.6	8.9	4.0	59	67	6	6	8	....	....	0.3	....	....	....	....	....
30	708.1	660.7	7.2	+ 4.4	61	66	4	2	4	6.7	....	6.1	....	5.9	8	4.3	5
31	705.9	658.7	+ 2.1	- 1.6	82	93	10	9	10	6.9	....	5.3	....	7.7	10	6.3	10
MOIS	704.94	658.17	+ 5.95	+ 2.39	58	65	4.8	4.1	4.4	92.5	1	83.4	9	104.9	83	89.0	94

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	703.72	703.58	703.47	703.59	656.53	656.59	656.57	656.56
2me » ...	704.74	704.45	705.56	704.91	657.61	657.76	658.65	658.01
3me » ...	706.51	705.77	706.27	706.18	659.76	659.53	660.02	659.77
Mois..	705.04	704.64	705.14	704.94	658.02	658.01	658.46	658.17

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+0.28	+ 4.24	+2.46	+2.33	-0.4	+ 5.7
2me » ...	+2.56	+ 8.62	+4.90	+5.36	+1.9	+ 9.7
3me » ...	+7.35	+12.73	+9.27	+9.78	+5.8	+14.1
Mois..	+3.52	+ 8.66	+5.66	+5.95	+2.2	+10.3
	Dailly					
1re décade..	-2.79	+0.18	-0.85	-1.15	-4.3	+ 2.5
2me » ...	-0.69	+3.72	+1.63	+1.55	-1.5	+ 5.8
3me » ...	+4.22	+9.08	+5.85	+6.38	+2.4	+10.7
Mois..	+0.37	+4.48	+2.33	+2.39	-1.0	+ 6.5

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	74	65	64	68	81	76	69	76
2me » ...	62	48	58	56	67	58	66	64
3me » ...	57	47	53	52	65	58	67	63
Mois..	64	53	58	58	69	62	65	65

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	6.4	5.8	5.7	6.0	6.2	5.6	5.4	5.7	6.0	5.5	6.0	5.8
2me » ...	4.5	5.3	4.3	4.7	3.0	3.5	3.6	3.4	3.2	4.5	3.1	3.6
3me » ...	3.7	3.4	4.0	3.7	4.2	3.3	2.5	3.3	3.6	4.4	3.4	3.8
Mois..	4.8	4.8	4.6	4.8	4.5	4.1	3.8	4.1	4.3	4.8	4.1	4.4

MOIS D'AVRIL 1903

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	704.4	657.5	+ 4.5	0.0	59	70	5	6	7	....	....	....	....	....	....	....	....
2	697.5	651.4	3.9	+ 2.0	58	79	10	6	9	14 2	....	13.2	....	18.6	9	13.4	11
3	701.7	654.7	3.1	- 0.9	85	100	10	10	10	1.0	....	1.2	....	1.3	....	1.7	2
4	**707.3**	**659.5**	4.5	+ 1.4	65	87	6	7	8	....	....	....	....	1.5	1	1.0	2
5	704.5	656.8	3.3	0.1	87	100	9	8	10	2.3	....	2.8	....	5.6	2	3.5	1
6	706.3	658.9	5.2	1.2	52	67	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	702.5	656.7	8.1	+ **6.3**	52	53	0	0	1	1.2	....	0.8	....	2.4	1	1.2	1
8	698.1	650.9	3.1	- 1.9	82	88	10	9	10	**20.7**	....	**25.1**	3	**28.6**	**29**	**27.6**	**27**
9	699.9	652.7	0.7	- 3.5	89	96	10	9	10	3.0	....	2.3	....	8.2	9	12.3	13
10	704.3	656.9	2.5	- 1.8	61	92	7	6	7	....	....	....	....	....	....	0.3	....
11	704.4	657.2	5.5	+ 0.9	61	78	5	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
12	701.5	655.1	6.0	2.6	65	62	8	8	10	....	....	....	....	....	....	....	....
13	699.7	653.0	5.1	+ 0.6	59	72	6	4	7	....	....	0.1	....	....	....	0.2	1
14	702.5	654.9	3.6	- 2.4	61	81	10	8	8	....	....	0.2	....	....	....	0.4	....
15	703.6	656.6	6.0	+ 1.6	49	49	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
16	700.1	653.0	+ 2.9	- 1.8	76	94	10	9	10	11.5	2	13.7	**8**	15.3	12	19.1	17
17	701.9	653.5	- 1.8	- 5.7	75	99	9	10	10	0.3	....	....	....	3.6	2	3.5	2
18	705.8	656.9	- **2.1**	- **6.4**	72	93	9	9	10	4.4	**4**	3.0	**8**	9.8	4	7.8	13
19	706.0	657.8	- 1.1	- 6.0	63	74	1	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
20	700.7	654.0	+ 2.2	- 1.5	44	48	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	693.2	647.6	8.9	+ 4.2	**38**	**37**	2	2	5	....	....	....	....	....	....	....	....
22	**687.1**	641.7	**10.9**	**6.3**	47	51	6	7	6	0.1	....	....	....	0.1	....	0.2	....
23	687.3	**641.2**	3.1	+ 0.3	100	100	10	10	10	12.3	....	10.8	....	5.6	10	5.8	11
24	693.7	646.3	3.6	- 1.0	80	96	10	9	10	0.3	....	0.2	....	0.4	2	0.7	2
25	697.3	650.9	3.7	- 1.2	73	88	10	9	10	0.1	....	....	....	0.1	....	0.2	....
26	696.4	650.2	5.5	+ 1.2	55	64	6	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
27	696.3	648.7	7.0	2.5	62	77	9	4	10	0.1	....	....	....	....	....	....	....
28	698.9	652.9	8.9	5.4	64	69	4	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
29	697.0	651.5	6.5	3.9	82	80	8	8	9	11.8	....	12.0	....	9.5	....	5.5	....
30	696.6	654.1	+ 9.5	+ 5.5	63	58	5	4	3	3.5	....	3.9	....	4.1	....	2.3	....
MOIS	699.88	653.10	+ 4.43	+ 0.39	66	77	6.5	5.8	6.8	86.8	6	89.3	19	114.7	81	106.7	103

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	702.42	702.41	703.13	702.65	655.33	655.52	655.93	655.59
2me » ...	702.92	702.30	702.60	702.61	655.16	654.94	655.48	655.19
3me » ...	694.24	694.46	694.41	694.37	648.30	648.61	648.60	648.50
Mois..	699.86	699.73	700.05	699.88	652.93	653.02	653.34	653.10

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+2.22	+5.50	+3.96	+3.89	+1.2	+ 7.7
2me » ...	+0.94	+4.90	+2.02	+2.62	-1.1	+ 6.9
3me » ...	+5.26	+8.68	+6.36	+6.77	+3.3	+11.2
Mois..	+2.81	+6.36	+4.11	+4.43	+1.1	+ 8.6
	Dailly					
1re décade...	-1.19	+1.67	+0.39	+0.29	-2.6	+3.7
2me » ...	-3.63	+0.09	-1.91	-1.82	-5.1	+1.7
3me » ...	+1.72	+3.87	+2.53	+2.71	-0.4	+6.4
Mois..	-1.03	+1.88	+0.34	+0.39	-2.7	+3.9

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	76	64	67	69	88	79	83	83
2me » ...	70	53	65	63	82	70	73	75
3me » ...	68	62	69	66	70	73	73	72
Mois..	71	60	67	66	80	74	76	77

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	6.7	6.7	6.7	6.7	6.3	6.5	5.3	6.0	7.0	7.3	7.4	7.2
2me » ...	5.3	5.5	6.8	5.9	4.5	5.9	5.6	5.3	6.0	6.6	6.4	6.3
3me » ...	7.2	7.4	6.5	7.0	6.6	6.6	4.6	5.9	7.1	7.2	6.6	7.0
Mois..	6.4	6.5	6.7	6.5	5.8	6.3	5.2	5.8	6.7	7.0	6.8	6.8

MOIS DE MAI 1903

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	697.8	651.3	+ **4.4**	+ **0.4**	**93**	100	10	9	10	**14.5**	....	**16.1**	....	**33.1**	**2**	**26.4**	**11**
2	697.7	651.8	6.1	1.4	82	97	7	7	9	7.9	....	7.5	....	3.4	....	2 8	3
3	694.1	649.0	11.1	9.8	59	53	2	1	4	....	....	....	....	....	....	....	....
4	**690.2**	**645.5**	11.8	7.4	65	78	7	6	7	1.3	....	....	....	0.7	....	1.0	....
5	695.1	649.5	10.9	6.9	53	65	7	6	4	....	....	....	....	....	....	....	....
6	697.7	651.9	12.4	7.5	55	59	2	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
7	699.6	654.7	10.3	6.3	52	71	9	6	3	....	....	....	....	0.1	....	....	....
8	697.7	651.5	12.3	4.4	93	88	10	9	9	9.9	....	9.6	....	10.2	....	9.6	....
9	699.0	653.8	9.7	6.3	66	67	4	4	4	1.5	....	1.3	....	1.1	....	1.0	....
10	699.4	654.0	11.4	5.2	69	67	9	8	8	5.9	...	3.7	....	2.6	....	2.6	....
11	700.1	654.1	9.6	5.3	58	69	7	7	6	0.1	....	0.2	....	....	....	....	....
12	698.6	652.4	6.5	3.1	86	84	6	10	9	3.0	....	3.8	....	0.9	....	1.6	....
13	701.0	654.4	9.0	4.7	64	71	5	7	6	....	....	....	....	0.1	....	....	....
14	707.5	660.3	11.0	6.3	53	62	4	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
15	709.9	663.0	10.1	6.6	65	65	6	6	5	4.9	....	5.6	....	5.3	....	4.8	....
16	709.9	663.1	10.3	6.9	57	70	4	6	4	....	....	....	....	....	....	....	....
17	704.1	657.6	9.2	6.9	75	74	7	7	8	12.0	....	13.1	....	12.8	2	9.6	4
18	704.3	658.0	8.7	4.0	54	67	4	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
19	702.3	656.1	9.9	5.3	62	72	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
20	704.2	(658.3)	10.7	9.8	61	55	0	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
21	709.1	(664.1)	16.0	11.3	52	57	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
22	**710.1**	(**665.9**)	17.3	14.4	50	**49**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	709.3	(664.5)	19.3	16.3	49	52	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	707.3	(662.2)	**19.6**	**16.5**	**47**	53	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
25	705.6	(661.0)	19.5	14.7	48	54	1	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	701.4	(657.4)	17.4	13.9	52	59	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
27	699.9	(654.9)	14.3	10.9	75	81	8	6	5	1.4	....	2.1	....	2.1	...	0.9	....
28	701.0	(656.4)	15.3	12.4	77	70	5	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
29	699.6	(655.4)	16.9	14.7	51	51	4	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
30	697.8	(653.3)	18.6	14.4	57	66	4	2	3	....	....	....	....	0.2	....	0.2	....
31	698.0	(653.4)	+15.5	+12.4	79	85	7	5	8	3.5	....	4.1	....	5.8	....	5.0	....
MOIS	701.59	(656.09)	+12.42	+ 8.59	63	68	4.5	4.2	4.1	65.9		67.1		78.4	4	65.5	18

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	697.01	696.57	696.93	696.84	650.92	650.97	651.98	651.29
2me » ...	704.41	703.84	704.31	704.19	657.79	657.41	657.99	657.73
3me » ...	704.09	703.22	703.36	703.56	(659.49)	(658.67)	(658.68)	(658.95)
Mois..	701.91	701.27	701.59	701.59	(656.18)	(655.78)	(656.30)	(656.09)

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+ 7.70	+12.52	+ 9.92	+10.05	+ 5.4	+14.5
2me » ...	6.70	12.60	9.20	9.50	5.6	15.0
3me » ...	13.73	21.47	16.53	17.24	12.8	24.3
Mois..	9.52	15.72	12.03	12.42	8.1	18.1
	Dailly					
1re décade...	+ 3.59	+ 7.73	+ 5.38	+ 5.57	+ 1.8	+ 9.7
2me » ...	3.97	8.05	5.66	5.89	2.1	10.1
3me » ...	11.94	16.11	13.36	13.80	10.1	18.1
Mois..	6.67	10.81	8.30	8.59	4.8	12.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	78	64	65	69	83	69	71	74
2me » ...	74	53	63	63	74	67	66	69
3me » ...	62	52	60	58	61	60	63	62
Mois..	71	56	63	63	73	65	66	68

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	7.1	6.6	6.3	6.7	6.3	5.6	5.4	5.8	6.4	5.1	6.3	5.9
2me » ...	3.9	4.7	4.3	4.3	4.8	5.1	5.9	5.3	3.4	4.4	5.7	4.5
3me » ...	2.3	2.9	3.0	2.7	2.1	1.4	2.2	1.9	1.8	1.9	2.5	2.1
Mois..	4.4	4.7	4.5	4.5	4.3	3.9	4.4	4.2	3.8	3.9	4.8	4.1

OBSERVATIONS DIVERSES

(Suite)

Mai 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 8 et 12 à Dailly ; les 1er, 2, 8 et 12 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 2 et 18 à Dailly ; du 1er au 3 et le 18 à l'Aiguille.

Orages : le 27, dans la nuit du 30 au 31 et le 31.

Remarque. Un accident survenu au baromètre de Dailly à la fin de mai a mis l'instrument hors de service. Les pressions indiquées du 20 au 31, qui sont d'ailleurs mises entre parenthèses, ont été relevées sur le barographe de Dailly, qu'on a contrôlé en le comparant au barographe et aux lectures directes faites au baromètre de Savatan.

L'EAU DES LACS ALPINS SUISSES

PAR

E. BOURCART

Le but de ces quelques pages est de rendre compte des recherches que j'ai entreprises sous la direction de M. le prof. Duparc sur la composition de l'eau des lacs alpins suisses.

Je veux, avant tout, remercier M. le prof. Duparc ainsi que M. A. Delebecque, qui ont bien voulu me soutenir dans cette entreprise et dont l'aide m'a été précieuse.

Je me bornerai à exposer successivement les méthodes suivies pour la récolte des eaux, pour leur analyse et les résultats obtenus, puis je terminerai par quelques considérations sur les relations qui existent entre les eaux et les terrains qu'elles ont traversés.

Comme appareils, j'ai utilisé en partie ceux qui avaient déjà servi à M. Delebecque pour son travail mémorable sur les lacs français. L'appareil le plus approprié pour puiser l'eau au fond des lacs est la bouteille de Mill. Son fonctionnement est simple. Un cylindre suspendu par des ressorts est décroché par un curseur à la profondeur voulue, l'eau ambiante est ainsi enfermée par ce cylindre et amenée à la surface sans qu'il y ait possibilité qu'elle se mélange à l'eau des couches supérieures.

J'ajouterai ici, qu'il est indispensable de prendre l'eau à la plus grande profondeur et non pas à la surface du lac, attendu que la composition de l'eau à la surface varie excessivement suivant l'influence du temps. Il n'y a, du reste, pas que la pluie et le vent qui agissent ici ; le gel et le dégel de la surface exercent en particulier une action des plus importantes sur les lacs alpins, d'autant plus que la plupart d'entre eux sont gelés presque toute l'année. Il est clair que l'eau de la surface au moment du dégel étant produite essentiellement par la fonte de la glace, doit être presque pure, tandis que, dans les profondeurs, l'eau s'est saturée de matières en solution pendant la période de congélation. Pour mes recherches, j'ai donc été obligé de me borner aux lacs alpins possédant des barques, et le transport d'un bateau démontable aurait été chose impraticable pour moi.

Pour puiser la vase du fond des lacs je me suis servi d'un appareil comprenant un cône en fer fixé au bout d'une tige et fermé par un couvercle en cuir qui se soulève lorsque le cône descend, de façon à dégager l'ouverture, tandis qu'il s'abaisse et ferme le cône quand celui-ci remonte.

Pour mesurer la transparence de l'eau je me servais d'un disque blanc que je laissais descendre jusqu'à sa disparition. Quant à la température, ne pouvant la déterminer directement en profondeur, je l'ai mesurée sur chacune de mes prises d'eau, immédiatement après les avoir retirées, et étant donné le temps très court nécessité par l'opération, je considère que cette manière de procéder ne peut pas occasionner d'erreur appréciable.

La détermination de la couleur des eaux a été faite

d'après la gamme établie par M. le prof. Forel pour ce genre d'observation. Pour que mes indications soient comparables et précises, j'ai toujours pris la couleur de l'eau au-dessus de la plus grande profondeur et à l'ombre ; de plus, j'ai fait vérifier tous mes résultats par une autre personne.

Le transport de l'eau et des vases a toujours été effectué avec des précautions minutieuses. L'eau, dont je puisais 10 litres à chaque lac, était expédiée en deux bonbonnes de 5 litres chacune, bouchées hermétiquement, ficelées et cachetées de manière à empêcher autant que possible le dégagement des gaz en solution et la précipitation des matières dissoutes qui aurait pu en résulter. Les bonbonnes employées étaient de verre foncé,celui-ci n'étant pour ainsi dire pas attaqué par l'eau tandis que le verre blanc l'est suffisamment pour fausser complètement le résultat d'une analyse en ce qui regarde la silice et les alcalis. Comme contrôle, j'ai laissé séjourner pendant une année de l'eau distillée dans deux bonbonnes de verre foncé et après cette durée je n'ai trouvé comme quantité de silice dissoute que 0.3 milligr. Avant d'être remplies, les bonbonnes ont été soigneusement rincées avec l'eau du lac même ; une fois arrivées au lieu de destination, elles ont été conservées à une température d'environ 10° C. aussi voisine que possible de celle que l'eau possédait dans les lacs, de façon à éviter des variations dans la solubilité. Quant à la vase j'ai pris la précaution d'ajouter toujours quelques cc. de formol pour empêcher la putréfaction et rendre plus facile un examen microscopique.

Les lacs qui ont fait l'objet de mes recherches sont en général à des altitudes supérieures à 500 et inférieu-

res à 2500 mètres; ce sont donc tous des lacs alpins bien caractérisés. Comme je l'ai déjà indiqué, je me suis borné à explorer les lacs pourvus de bateaux, à l'exception de quatre qui offraient un intérêt spécial. Je suis ainsi arrivé au nombre de 8 lacs pour mon voyage de l'année précédente et de 16 lacs pour cette année, au total 24 lacs; ce nombre est suffisant, me semble-t-il, pour permettre quelques conclusions rationnelles et pour répondre au désir exprimé par la « Société helvétique des Sciences naturelles » de voir apporter quelques données précises sur la composition de l'eau et de la vase de nos lacs alpins.

Voici la liste des lacs que j'ai entièrement examinés jusqu'à présent.

Lac Taney, Valais.
» Champex, Valais.
» Noir, Fribourg.
» d'Amsoldingen, Berne.
» de Lauenen »
» d'Arnen »
» d'Oschinen » (Gemmi).
» Bleu » (Frutigen).

Les lacs suivants ont été déjà visités, les eaux n'en sont point encore analysées.

Lac de Merjelen, Valais.
» de Grimsel, Berne.
» d'Engstlen »
» de Melch »
» de Lungern, Obwalden.
» de Klönthal, Glaris.
» de Murg »
» de Davos, Grisons.

Lac du Fluelapass, Grisons.
» de Poschiavo, » (Bernina).
» Blanc » »
» de St-Moriz » (Engadine).
» de Gampfer »
» de Silvaplana »
» de Sils »
» de Ritom, Tessin.

Plus loin je donnerai les indications complètes pour les 8 premiers lacs. Quant aux 16 autres je me bornerai à signaler le fait curieux que le lac de Ritom (Tessin) contient, à partir d'une profondeur de 15 mètres, une eau saturée de H_2S ; c'est le seul cas de ce genre que j'ai pu observer jusqu'à présent.

Pour mes analyses j'ai opéré en général suivant les indications de Fresenius en perfectionnant les méthodes sous la direction de M. le professeur Duparc, de manière à obtenir des résultats comparatifs aussi précis que possible. J'ajouterai que, pour plus de sûreté, les analyses ont été répétées 2-4 fois et qu'il a toujours été opéré sur de grandes quantités d'eau, soit 10 litres par lac.

Il est à remarquer, de plus, que voulant connaître les *matières en solution* et non celles en suspension dans l'eau, j'ai toujours filtré celle-ci de manière à ce qu'elle fût entièrement exempte de matières non dissoutes.

Le cours de l'analyse complète est le suivant : J'extrais séparément de 2 litres le résidu sec, la silice, l'alumine, le fer, la chaux et la magnésie. Ensuite 200 cc. sont employés à la détermination des matières organiques. Un autre litre me sert à la séparation de

Cl, Al, Fe, Ca et Mg, un autre encore à la détermination de Cl, Al, Fe et SO_3, puis deux fois 500 cc. servent à la recherche du manganèse, et 4 litres enfin sont utilisés pour SiO^2, Fe, Al, SO_3 et les alcalis. Ce qui fait donc 9 litres 200 cc. d'eau utilisée pour effectuer l'analyse complète.

Entrons un peu dans les détails de l'analyse :

Le *résidu sec* est obtenu en évaporant au bain-marie 1 litre d'eau filtrée dans une capsule en platine et en chauffant dans une étuve à 170° C durant 7 h. L'expérience a montré qu'après ce temps le poids est constant, même pour le résidu sec des eaux les plus chargées de Ca SO_4 et offrant donc le plus de difficultés à l'élimination complète de l'eau de cristallisation et d'interposition. Il est utile de peser très vite pour obtenir des résultats concordants.

Pour déterminer SiO_2, le résidu sec ainsi obtenu est traité par l'acide chlorhydrique à différentes reprises. Il ne reste que la silice insoluble. On filtre, calcine et pèse.

Le fer et l'alumine sont précipités comme Fe (OH_3) dans le filtrat oxydé préalablement. Le précipité est filtré, dissout, reprécipité et calciné. Pour les eaux contenant beaucoup de Ca SO_4, cette détermination offre de grandes difficultés attendu que le Ca SO_4 précipite et est difficile à séparer du précipité d'hydrate de fer et d'alumine. Pour séparer le fer de l'alumine je me suis servi d'une méthode que j'ai imaginée et qui est basée sur la coloration excessivement intense que possède le sulfocyanure de fer en solution éthérée. Le procédé est simple ; le précipité d'hydrate de fer et d'alumine est dissout dans de l'acide azotique dilué à chaud. Les nitrates de fer et d'alumine ainsi obtenus

sont transformés par de l'acide sulfurique en sulfates. Ceux-ci sont traités (après neutralisation de l'excès de l'acide sulfurique, par $K NO_3$ et évaporation à sec) par une solution alcoolique de NH_4CNS. On obtient ainsi le sulfocyanure de fer, que l'on dissout, après évaporation de l'alcool, dans une quantité connue d'éther. Il est indispensable d'avoir la solution du colorant absolument exempte d'eau attendu que, comme indique Dammer le sulfocyanure de fer se décompose avec l'eau en formant une combinaison incolore. Par le traitement indiqué on a l'avantage d'obtenir le sulfocyanure à l'état parfaitement sec et exempt de tout acide pouvant influencer la coloration. J'ajoute encore que j'ai été obligé de transformer les nitrates de fer et d'alumine en sulfates parce que je m'apercevais que les nitrates chauffés au bain-marie pendant quelque temps se décomposaient en formant des combinaisons insolubles dans l'alcool, qui me sert de dissolvant pour le NH_4 CNS. En établissant une gamme colorimétrique par transformation identique de quantités connues de sel de Mohr, je suis arrivé à pouvoir distinguer avec la plus grande précision des quantités variant entre 0,1 et 0,01 mgr. de fer.

Pour doser la *chaux* le filtrat du fer et de l'alumine est traité par l'oxalate d'ammoniaque. On filtre après repos suffisant et pèse comme CaO.

Pour la *magnésie*, le filtrat ammoniacal est traité par le phosphate d'ammoniaque en solution assez concentrée. On filtre et pèse comme $Mg_2 P_2O_7$.

Les *matières organiques* sont déterminées d'après la méthode classique de Marignac. On chauffe au bain-marie 100 cc. d'eau avec une solution titrée de per-

manganate de potasse, plus H_2SO_4. On titre en arrière avec de l'acide oxalique et exprime comme oxydabilité le poids du $KMnO_4$ utilisé à l'oxydation.

Le *chlore* est déterminé comme Ag Cl et l'*acide sulfurique* comme $BaSO_4$.

Pour la détermination du *Manganèse* je prends 2 fois 500 cc. d'eau, je l'oxyde énergiquement par l'eau régale de manière à être absolument sûr que toute trace de matière organique est détruite ; j'évapore à sec, reprends par l'eau plus quelques cc. de HNO_3 et j'oxyde à chaud le manganèse par du PbO_2 en acide permanganique qui me donne une belle coloration rose. Le liquide filtré est mis à volume connu et soumis à la comparaison colorimétrique avec des solutions d'$HMnO_4$ de titre connu. Cette méthode donne des résultats très exacts, même pour des quantités de Mn très mimines.

La détermination des *alcalis* demande beaucoup de soins si l'on veut obtenir des résultats précis. On se sert du filtrat du $BaSO_4$ des 4 litres, dans lequel on élimine entièrement la chaux, la magnésie et l'excès de baryte en traitant la liqueur à plusieurs reprises par du carbonate et de l'oxalate d'ammoniaque tout en la concentrant de plus en plus et éliminant successivement les précipités obtenus. Quand toute trace de Mg, Ca et Ba a disparu, on élimine par calcination légère les dernières traces des sels ammoniacaux, l'on transforme les carbonates en chlorure et pèse KCl + NaCl. Dans ce mélange on détermine le KCl par le chlorure de platine et on obtient par différence le NaCl.

Le tableau ci-joint donne les résultats obtenus pour chaque lac en y ajoutant pour chacun d'eux la couleur,

RÉSULTATS DES ANALYSES (Exprimés en milligrammes par litre). — TABLEAU I

Nom du Lac	Résidu sec	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	K_2O	Na_2O	Cl	SO_3	Oxydabilité expr. en $KMnO_4$	Couleur de l'eau (Gamme de Forel)	Transparence en mètres	oC à la profondeur de la prise	oC à la surface	Profondeur maxima du lac
Taney	122.2	3.0	0.16	1.04	60.1	4.2	0.11	1.1	1.4	1.0	5.6	5.10	VII	7.0	5.0	15.0	36.5
Champex	26.9	3.9	0.06	0.29	7.5	0.6	traces	1.3	3.1	2.8	2.7	7.50	IX	4.5	12.0	14.5	5.5
Noir	270.5	1.9	0.07	1.23	111.0	10.1	traces	1.2	2.3	1.2	85.5	7.20	V	5.0	12.0	14.0	10.0
Amsoldingen	201.7	6.0	0.09	0.41	92.7	5.8	traces	2.2	4.8	3.5	5.4	13.20	X	2.7	12.0	23.0	14.2
Lauenen	304.8	3.2	0.07	0.33	116.0	13.2	traces	1.5	2.3	0.3	112.9	4.88	VIII	4	16.0	17.0	4.0
Arnen	145.8	4.5	0.07	0.43	71.5	3.5	0.89	1.6	3.3	0	4.3	5.07	VII	4.0	6.0	15.0	43.0
Oschinen	78.4	2.0	traces	traces	37.4	4.9	traces	2.6	0.8	2.6	7.7	3.02	V	1.0	6.0	19.0	56.0
Bleu	169.3	4.2	0.01	0.59	66.8	17.7	traces	1.5	1.6	0	23.6	1.85	II	30.0	9.0	11.0	10.0

la transparence, les températures à différentes profondeurs et la profondeur maxima. (Voir tabl. I, p. 177).

Pour faciliter la discussion des résultats obtenus, j'ai cherché à déterminer sous quelle forme les diverses substances dissoutes dans l'eau devaient se trouver combinées et j'ai calculé les valeurs de ces combinaisons probables. En additionnant les chiffres obtenus pour chaque combinaison, je devais arriver au chiffre représentant la valeur du résidu sec, et la comparaison des deux chiffres pouvait donner un utile contrôle. Admettons qu'en présence de chlore les alcalis sont liés, suivant leur quantité, partiellement ou entièrement à celui-ci; le SO_3 serait combiné avec la magnésie, la chaux et les alcalis, si le chlore manque. L'excédent de ces matières serait à l'état de carbonates si le SO_3 était en quantité insuffisante pour les lier entièrement. Si l'on tient encore compte du fait que le résidu sec a été porté durant 7 heures à la température de 170°C, on peut en conclure que celui-ci doit être formé des substances suivantes : SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, $MgSO_4$, $MgCO_3$ $CaSO_4$, $CaCO_3$, MnO, KCl, K_2SO_4 K_2CO_3, $NaCl$ et Na_2SO_4, Na_2CO_3.

Le tableau suivant donne les valeurs respectives pour chaque lac et montre les différences qui existent entre le résidu sec véritable et le résidu sec théorique. Ces différences s'expliquent par le fait que les compositions peuvent dans l'un ou l'autre cas varier, mais il existe toujours une assez grande concordance pour nous montrer que les formes sous lesquelles les différentes substances existent dans le résidu sec ne doivent pas être bien différentes de celles indiquées dans le second tableau. Nous avons donc aussi le droit d'ad-

RÉSULTATS exprimés en substances probables constituant le résidu sec.

(En milligrammes par litre.)

TABLEAU II

Combinaisons	Taney	Champex	Noir	Amsoldingen	Lauenen	Arnen	Oeschinen	Bleu
SiO_2	3.0	3.9	1.9	6.0	3.2	4.5	2.0	4.2
Fe_2O_3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	—	—
Al_2O_3	1.0	0.3	1.2	0.4	0.3	0.4	—	0.6
$MgSO_4$	6.0	1.1	30.3	2.0	39.6	—	11.2	30.5
$MgCO_3$	4.6	0.5	—	10.8	—	7.3	2.5	15.8
$CaSO_4$	—	—	106.3	—	140.9	—	—	—
$CaCO_3$	107.0	13.4	120.0	165.0	105.0	127.3	66.6	118.9
MnO	0.1	—	—	—	—	0.9	—	—
KCl	—	—	—	—	—	—	3.6	—
K_2SO_4	2.1	2.5	2.3	4.1	2.7	—	0.7	2.8
K_2CO^3	—	—	—	—	—	2.4	—	—
NaCl	1.7	4.6	2.0	5.8	0.5	—	1.5	—
Na_2SO_4	1.1	1.6	2.9	4.0	4.6	7.7	—	3.8
Na_2CO_3	—	—	—	—	—	—	—	—
Rés. sec trouvé par addition	126.8	28.0	267.0	198.2	296.9	150.6	88.1	176.6
Rés. sec trouvé par pesée dir.	122.2	26.9	270.5	201.7	304.8	145.8	78.4	169.3
Différence	4.6	1.1	3.5	3.5	7.9	4.8	9.7	7.3

mettre que les substances correspondantes existent aussi dans l'eau.

Conclusions générales

Tandis que les eaux des grands lacs de plaine ont une composition très constante d'un lac à l'autre, celles des lacs alpins diffèrent notablement les unes des autres. Ce contraste s'explique du reste facilement par le fait que, alors que les eaux des lacs de plaine résultent du mélange de grandes quantités d'eau provenant de régions très diverses, celles des lacs alpins sont récoltées en général dans des bassins d'alimentation limités, dont la constitution géologique et chimique réagit directement sur leur composition. Il y a donc relation intime entre la constitution lithologique d'un bassin d'alimention et la composition des eaux du lac qu'il alimente.

Quant à la question de savoir si les matières dissoutes dans l'eau des lacs proviennent des roches qui forment le bassin d'alimentation ou de celles dans lesquelles est creusée la cuvette même du lac, les analyses ont montré clairement que c'est uniquement dans le bassin d'alimentation que l'eau s'empare de ces substances et que dans le lac même la dissolution est nulle. Ce fait s'explique aisément si l'on considère que dans les cours d'eau le contact entre l'eau et les éléments minéraux est infiniment plus intime que dans les lacs.

On peut même admettre que dans certains lacs il doit y avoir précipation d'une partie des matières en solution résultant de la congélation d'une certaine quan-

tité de l'eau et de la concentration de la solution dans l'eau restée liquide. L'analyse de la vase de chaque lac montrera si une précipitation ou cristallisation des matières dissoutes a lieu dans les lacs. Le fait que l'eau a dissout les substances qu'elle renferme uniquement dans son bassin d'alimentation est si vrai qu'on peut déduire directement de la composition du terrain traversé par les affluents d'un lac la composition de l'eau de celui-ci. Quant à la notion de la concentration de l'eau par la congélation des lacs, elle est confirmée par le fait que l'eau des profondeurs d'un lac est toujours bien plus riche en matières dissoutes que celle de la surface. Ce contraste est particulièrement évident pour le lac d'Arnen, pour lequel j'ai successivement examiné l'eau de la plus grande profondeur, celle la surface et celle des principaux affluents. M. A. Delebecque a du reste constaté le même fait, qui ne saurait être expliqué autrement, à moins que les lacs ne soient alimentés dans leurs parties profondes par des sources amenant de l'eau plus chargée en matières dissoutes. Cette dernière hypothèse paraît probable pour le lac Ritom dont j'ai déjà signalé les singularités.

Quant à la température de l'eau dans les lacs nous voyons que, comme M. Delebecque l'a constaté pour les lacs français, l'eau des profondeurs tend toujours à se rapprocher de la température de 4° C et que dans les lacs profonds, où l'eau des couches supérieures offre un assez bon isolement pour les couches inférieures, la température de ces dernières reste sensiblement égale durant toute l'année. A ce propos il est bon de remarquer que les plus grandes profondeurs des lacs alpins dépassent à peine 60 mètres, même pour les

lacs qui dans l'idée du peuple étaient sans fond. La transparence de l'eau de ces lacs varie dans des proportions beaucoup plus considérables que celle des lacs de la plaine. Suivant le genre de lac, elle oscille entre 1 m. comme minimum et 30 m. environ comme au lac Bleu. En général, les lacs alimentés par de l'eau de glaciers sont presque toujours troubles. Le lac de Merjelen fait une exception à cette règle, exception qui sera à éclaircir plus tard. Comme le tableau nous le montre, il n'y a cependant aucune relation entre la transparence et la couleur d'un lac. Cette dernière m'intéresse particulièrement, attendu que, parmi les lacs alpins il y en a plusieurs tels que le lac Bleu qui possèdent une coloration excessivement singulière. M. le professeur Forel a déjà montré d'où proviennent les différences de coloration des lacs et je ne puis que soutenir son opinion. Je crois cependant que l'eau chimiquement pure ne doit pas présenter cette belle coloration que l'on observe par exemple dans le lac Bleu et les résultats de mes analyses semblent montrer que la coloration dépend en quelque sorte de la contenance en sels magnésiens qui donneraient la teinte bleue à l'eau. C'est en effet dans le lac Bleu que la teneur en Mg est la plus forte, et dans les autres lacs l'eau est d'autant plus verte ou jaunâtre qu'elle contient moins de ce sel et plus de matières organiques.

Les teneurs en $CaCO_3$ et en $CaSO_4$ ne semblent pas exercer d'influence sur la coloration. L'examen chimique des autres lacs alpins me permettera de préciser si ces suppositions sont justes ou si elles reposent sur de simples coïncidences.

Si nous jetons encore un coup d'œil sur les quantités

de matières dissoutes dans les différentes eaux, nous voyons par exemple, que la teneur en fer et en alumine est en général très faible et ne varie que dans les limites très restreintes, la solubilité de l'alumine paraissant supérieure à celle du fer. Si nous comparons les quantités dissoutes de $CaSO_4$, $CaCO_3$, $MgSO_4$, $MgCO_3$ et de SiO_2, nous voyons que ces substances sont toujours en quantités très notables suivant leur solubilité. Quant aux matières organiques, elles atteignent dans quelques lacs des valeurs assez grandes, tandis que, dans d'autres lacs, tel que par exemple le lac Bleu, elles sont en quantité presque négligeable. Le manganése, dont on trouve des traces dans tous les lacs, n'y existe que rarement en grande quantité. Quant à la teneur importante en alcalis et particulièrement en sodium et en chlore de certaines eaux des lacs elle est attribuable aux infiltrations pouvant provenir des habitations voisines.

Examinons maintenant les caractères particuliers de chacun des lacs étudiés afin de faire ressortir les divergeances qui existent entre eux et en particulier les relations que présente la composition de leurs eaux avec la constitution lithologique de leur bassin d'alimentation.

Le *lac de Taney* possède un bassin d'alimentation essentiellement calcaire. Ce fait se traduit immédiatement, comme nous le voyons dans le tableau, par un résidu sec très considérable, une teneur importante en $CaCO_3$, faible en $MgCO_3$, $MgSO_4$ et SiO_2. Au contraire le *lac de Champex* qui a un bassin nettement granitique est caractérisé par sa richesse relative en SiO_2 et en alcalis, par sa grande pauvreté en chaux et en gypse et par le peu d'importance de son résidu sec. Tout autre est le *lac Noir* qui, étant alimenté par des ruisseaux venant

du Trias, contient une eau presque saturée de $CaSO_4$ et très riche en magnésie et surtout en chaux. Le *lac d'Amsoldingen* est aussi essentiellement calcaire et surtout riche en $CaCO_3$. Quant au *lac de Lauenen*, il est particulièrement riche en $CaSO_4$, ce qui étonne étant donné qu'il est entouré par les couches du Lias et du Nummulitique, d'où proviennent quelques-uns de ses affluents. Il est vrai qu'il est alimenté en partie par des sources sous-lacustres abondantes, et il paraît bien probable que ce sont ces dernières qui, traversant des couches de gypse, lui apportent le $CaSO_4$ qu'il renferme en quantité remarquable. Le *lac d'Arnen* a ceci de particulier qu'il se trouve entièrement dans le Flysch, une formation gréso-calcaire. La magnésie y est peu abondante et la chaux prédomine ; enfin ses eaux sont presque saturées de $MnCO_3$. En effet, la solubilité du $MnCO_3$ dans l'eau pure est de 0,025 gr. contre 0,0036 gr. pour le Fe_2CO_3. Cette solubilité semble diminuer notablement avec la température pour le $MnCO_3$. Dans l'eau saturée de CO_2 le $MnCO_3$ se dissout à raison de 0,03 gr. par litre. On peut donc se demander d'où provient le manganèse contenu dans le lac d'Arnen et l'on est porté à croire que probablement le Flysch formant en partie le bassin d'alimentation du lac en renferme des quantités appréciables. Comme l'eau de la surface du lac d'Arnen (ainsi que celle des principaux affluents) ne contient cependant qu'environ 0,013 mgr. de MnO par litre, il y aurait lieu d'admettre que, à part la concentration naturelle de l'eau dans les profondeurs, la quantité de manganèse serait augmentée dans les couches profondes par des sources sous-lacustres contenant une eau plus saturée de manganèse que celle des

affluents superficiels ou mieux par la congélation des couches supérieures. Cette eau pourrait avoir une action thérapeutique importante si le manganèse agissait d'une manière semblable au fer sur l'organisme humain. Quant au *lac d'Oeschinen*, il est par sa situation un lac purement calcaire et l'on devrait s'attendre à lui trouver une composition analogue à celle des autres lacs calcaires ; or ses eaux sont remarquablement pauvres en matières dissoutes. La cause de ce phénomène réside dans le fait que ce lac est entouré de toutes parts par des parois presque verticales surmontées par des névés. Le parcours des eaux affluentes est donc très court et se fait de plus en partie en cascades, de sorte que le contact entre l'eau et les roches ambiantes est réduit à un minimum. Nous avons ici une démonstration du fait que comme je l'ai dit plus haut, l'eau des lacs ne tire pas ses matières en solution de la cuvette lacustre même mais du bassin d'alimentation tout entier.

Le *lac Bleu*, caractérisé par sa grande pureté et sa belle coloration d'un bleu d'azur est un lac calcaire bien prononcé, alimenté par une source puissante. La pureté de son eau s'explique par le fait de l'absence complète d'affluents superficiels et sa couleur est en relation, comme du reste on peut le prévoir, avec le manque presque complet de matières organiques.

Les quelques résultats que je viens d'exposer demandent évidemment à être complétés et c'est ce que j'espère pouvoir faire prochainement en menant à bien l'étude des 16 lacs alpins dont il me reste à analyser les eaux et les vases.

LA
COULEUR DES LACS

PAR

Otto d'AUFSESS.

Extrait par l'auteur.

De longue date déjà, il a été reconnu que l'eau pure n'est pas incolore. Davy[1] et Bunsen[2] ont constaté sa couleur bleue particulière, mais l'on se demanda bientôt d'où proviennent les variations de cette couleur bleue, qui peut devenir verte, jaune ou brune. Wittstein[3] le premier émit une théorie de la couleur de l'eau, en se basant sur l'hypothèse que la composition chimique seule en est la cause. Plus tard, au contraire — en se ralliant à la théorie de Rayleigh sur la diffusion de la lumière due à des particules très petites — on considéra la gradation des nuances des eaux naturelles comme des couleurs de milieux troubles.

Cette théorie de la diffraction due à Soret[4] se heurta à de nombreuses contradictions, en particulier de la

[1] H. Davy. *Edinburgh. Journ.*, 34, p. 88.

[2] R. Bunsen. *Jahresber. über d. Fortsch. i. d. Chemie*, *p.* 1236, 1847-48.

[3] G.-C. Wittstein. *Sitz. Ber. der k. bayr. Akad. d. Wissensch.*, p. 603. Munich 1860.

[4] J.-L. Soret. *Arch. des Sciences phys. et nat.*, 35, p. 54, 1869.

part de Spring[1] ; d'ailleurs il n'est guère possible de trancher d'une manière définitive cette question qui a fait l'objet de tant de discussions, sans entreprendre une analyse des nuances dont il s'agit, c'est-à-dire sans déterminer par la méthode spectrophotométrique la composition en pour cent de la « couleur de l'eau » d'après les différents éléments spectraux qui la font naître. L'absorption élective des rayons rouges est une propriété spécifique de l'eau connue depuis longtemps ; il n'a guère été fait cependant à ce sujet que des mesures de laboratoire et des recherches quantitatives sur l'absorption de la lumière par l'eau dans la nature font totalement défaut. Ce ne sont pourtant que ces dernières qui permettront de déterminer dans quelle mesure les différents facteurs comme l'éclairage, la transparence ou les variations de température dépendent les unes des autres, et l'influence qu'ils exercent sur la couleur.

Le but de mon travail a été de combler ces lacunes ; deux séries de recherches, les unes faites au laboratoire, les autres dans la nature même étaient nécessaires. Dans la première série, je suis parti de l'eau chimiquement pure et optiquement vide, et ai étendu mes recherches à des mélanges d'eau pure et d'eau troublée soit par des substances chimiques soit artificiellement.

Les observations faites dans la nature ont porté sur des mesures de l'absorption de la lumière par l'eau de différents lacs, en comparant l'intensité de la lumière

[1] W. Spring. *Bull. Acad. Roy. Belg.*, 5, p. 55, 1882 ; 12 p. 814, 1886 ; 31 p. 94, 1896.

émise par l'eau à l'intensité de la lumière directe du ciel. La source, pour les deux sortes de lumière que l'on compare, est donc la même. Ces mesures ont montré qu'il était nécessaire d'en faire également sur la transparence, la température et le degré de polarisation de la lumière émise par l'eau.

Pour déterminer la composition spectrale de la couleur des différentes eaux, je me suis servi du spectrophotomètre de M. Martens[1], construit d'après celui de A. König[2]. Pour mesurer la profondeur à laquelle la lumière pénètre, j'ai plongé dans l'eau un disque circulaire blanc de 1 m. de diamètre, et pour donner de la précision à ces mesures, tout en rendant la couleur de l'eau indépendante des colorations environnantes, j'ai employé un tube noirci, qui éliminait les réflexes superficiels. Un thermomètre de Kappeler me donnait les températures.

Pour la recherche au laboratoire de la couleur d'une eau, j'ai employé un tube de tôle de zinc de 5 ½ m. de long et de 6 cm. de diamètre, avec une lampe de Nernst comme source lumineuse.

Observations sur la couleur de l'eau.

Comme je l'ai dit en commençant, j'ai rapporté mes mesures sur la composition de la couleur de l'eau des lacs, à de l'eau pure, optiquement vide, c'est-à-dire à un liquide qui se rapproche le plus possible de la combinaison chimique H_2O. Pour obtenir de l'eau pure, il faut distiller plusieurs fois de l'eau ordinaire sur de la potasse caustique et du permanganate de potasse. J'ai

[1] F.-F. Martens. *Verhandlg. d. deutsch. phys. Gesell.*, 1899, p. 278 et 280.

[2] A. König. *Wied. Ann.*, 53. 1894, p. 785.

distillé deux fois, ce qui suffit étant donné la grande pureté des eaux des conduites de Munich. J'ai nettoyé à fond mécaniquement et lavé plusieurs fois à l'eau distillée le tube de zinc dans lequel l'eau devait être enfermée et j'ai fait les mesures le jour même où j'avais distillé l'eau qui devait me servir. Les résultats sont les suivants (voir fig. 1 qui donne le graphique de la courbe d'absorption) :

Eau distillée deux fois.

(λ = longueur d'onde ; A = coefficient d'absorption par mètre)

λ	A	λ	A
658	0.320	602	0.173
643	0.291	590	0.089
622	0.239	579	0.049
617	0.244	558	0.038
612	0.233	522	0.002
607	0.200	494	0.002

Pour faire le vide optique dans cette eau pure, j'ai précipité, d'après les données de M. le prof. Spring, les poussières en suspension au moyen d'un électrolyte incolore, du chlorure de zinc par exemple. J'ai donc mélangé une solution de chlorure de zinc à mon eau pure et ai introduit le tout dans le tube d'observation, qui est resté un mois dans une cave du laboratoire entouré de ouate et à l'abri de tout courant d'air.

Les résultats furent alors les suivant :

Eau optiquement vide (fig. 2).

λ	A	λ	A
658	0.328	590	0.095
643	0.293	579	0.051
617	0.247	558	0.028
607	0.205	522	0.002
602	0.166		

à partir de λ = 522 on ne constate plus d'absorption.

En comparant ces résultats à ceux obtenus avant l'emploi du chlorure de zinc, l'on voit que la composition de la couleur ainsi que la transparence sont restées les mêmes, ce qui prouve que dans l'eau distillée deux fois les poussières sont déjà si rares qu'elles ne troublent en aucune façon une couche d'eau de 5 $^1/_2$ m. d'épaisseur. L'eau, dans le tube, était d'une transparence remarquable, et ce n'est qu'à une légère teinte bleuâtre à l'autre extrémité du tube qu'on reconnaissait qu'il contenait autre chose que de l'air.

Les colorations qui diffèrent du bleu de l'eau pure sont dues à la présence de corps étrangers. Nous ne nous occuperons pas encore de savoir s'ils sont dissous dans l'eau, ou s'ils s'y trouvent à l'état de particules en suspension. J'ai déterminé pour quelques lacs de Bavière les écarts que présentent leur coloration avec la coloration bleue normale (fig. 1).

Il résulte des expériences faites sur l'eau du Kochelsee, prise en différentes places du lac et en différentes saisons, *que la composition de la coloration d'un lac reste constante — à très peu de chose près du moins — même si l'eau vient à être troublée, au point de faire diminuer de plusieurs mètres la profondeur à laquelle la lumière pénètre.* Il n'y a que l'intensité de cette coloration qui varie. C'est la coloration de l'Achensee, comme on peut s'en rendre compte en examinant la courbe qui lui correspond (fig. 1) qui se rapproche le plus de la coloration de l'eau pure, mais son eau est passablement trouble, ce qui explique les grandes valeurs de A. Sa couleur, lorsqu'on la compare à celle du ciel, est semblable au bleu un peu verdâtre de l'horizon.

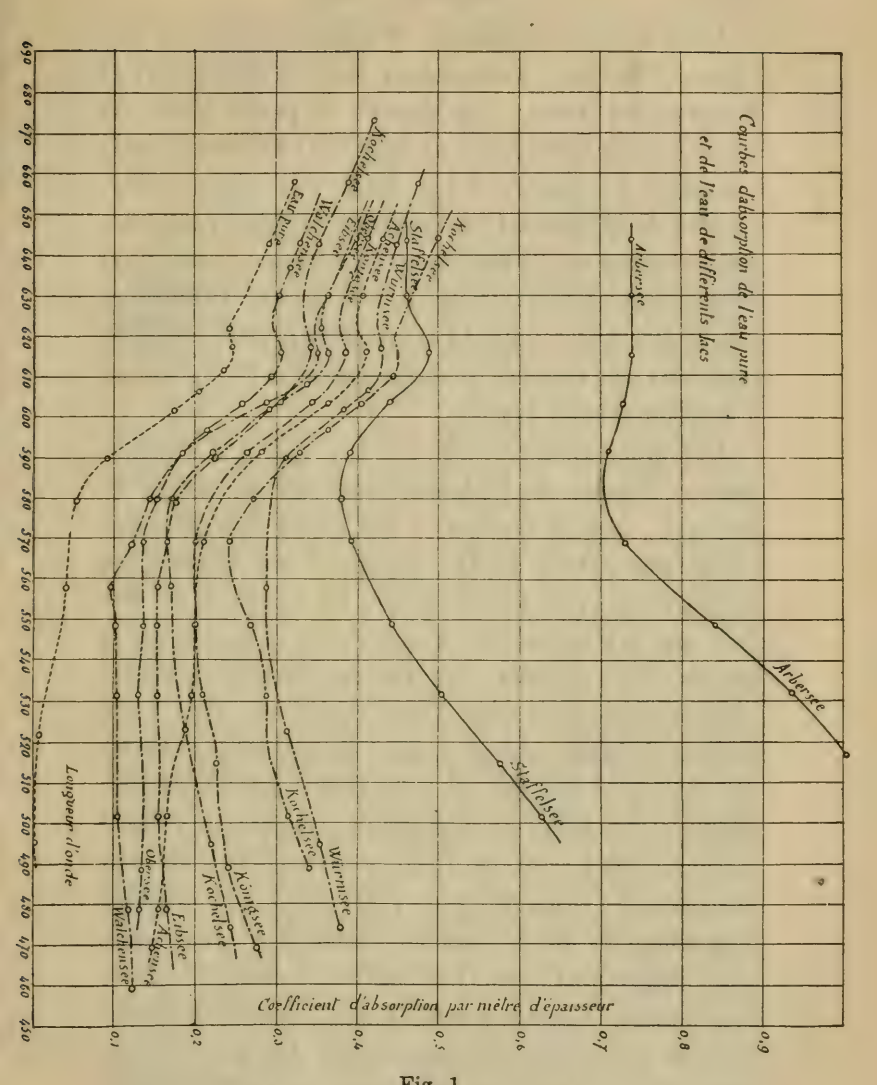

Courbes d'absorption de l'eau pure
et de l'eau de différents lacs
Arbersee
Staffelsee
Kochelsee
Würmsee
Königsee
Eibsee
Walchensee
Oberssee
Ackensee
Longueur d'onde
Coefficient d'absorption par mètre d'épaisseur
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
450
460
470
480
490
500
510
520
530
540
550
560
570
580
590
600
610
620
630
640
650
660
670
680
690

Fig. 1.

L'eau des lacs Kochelsee, Walchensee, Eibsee, Königsee, Obersee (continuation sud du Königsee) et Würmsee est verte ; elle absorbe la partie bleue du spectre notamment plus que l'eau de l'Achensee, mais cependant pas encore d'une façon très considérable. Le bleu du spectre est au contraire presque complètement absorbé par le Staffelsee et l'Arbersee (un lac de la forêt de Bavière dit lac noir), et le spectre visible s'en trouve être très réduit. La couleur du premier est d'un brun-vert très brillant, presque jaune, celle du second d'un brun-châtain foncé.

Je n'ai pu observer, sur les lacs que j'ai étudiés, aucune influence de la température sur la couleur de leur eau, mais la couleur a par contre une influence sur la température du lac, puisque l'eau absorbe les rayons rouges plus fortement que les autres. Il est évident que la transparence a aussi une influence sur la température ; en effet, les rayons solaires pénètrent plus profondément dans l'eau claire que dans l'eau trouble, et tandis que la couche superficielle d'un lac de montagne limpide ne s'échauffe que lentement, puisque la quantité de chaleur qui y pénètre se répand dans une couche plus épaisse, la surface d'un lac peu transparent s'échauffe plus rapidement ; les régions plus profondes de ce dernier auront par contre une température plus basse. Les courbes d'absorption et de transparence d'un lac permettront la déduction immédiate de ses conditions thermiques. J'ai pu constater enfin que les variations thermiques ne modifient pas, au moins d'une manière appréciable, la transparence d'un lac à eau trouble, tandis qu'au contraire elles sont susceptibles de faire varier celles d'un lac limpide sur-

tout en automne lorsqu'il se forme des ondes par suite du refroidissement.

Examen des théories de la couleur de l'eau.

1. *Théorie physique (théorie de diffraction).*

D'après la théorie de Rayleigh, des particules petites par rapport à la longeur d'onde de la lumière diffusent la lumière incidente, qui est alors polarisée ; on observe un maximum de la polarisation dans une direction perpendiculaire au rayon incident. Soret[1] et Hagenbach ont constaté une polarisation de la lumière émise par l'eau. Le phénomène, d'après leurs données, et comme je l'ai reconnu moi-même, a la même intensité que pour un ciel d'un bleu moyen. D'après les observations de Soret et les miennes personnelles, on peut conclure que pour des lacs très limpides comme le lac de Genève, la lumière émise est faiblement polarisée presque exclusivement par suite de la diffusion que lui font subir les particules très petites que l'eau tient en suspension ; dans les eaux plus troubles, il y a en plus une polarisation par réflexion sur des particules de dimensions plus grandes, ce qui fait qu'on n'observe plus de maximum dans la direction perpendiculaire au rayon incident. La lumière des lacs de teinte sombre paraît vibrer exclusivement, ou pour la plus grande partie du moins, dans le plan d'incidence ; il y a un maximum dans la direction du rayon incident. Je crois pouvoir dire, en me basant sur mes observations, que

[1] J.-L. Soret. *loc. cit.*

la présence de ces faibles phénoménes de polarisation ne suffit pas pour faire considérer la couleur de l'eau comme celle d'un milieu trouble, car les résultats de mes recherches montrent le contraire.

En effet :

1. Des mesures photométriques m'ont permis de constater que de l'eau distillée, tenant encore des poussières en suspension, a une couleur parfaitement bleue même en lumière transmise; on n'observe pas dans ce cas de perte sensible en rayons de petites longueurs d'ondes comme cela devrait être s'il s'agissait d'un milieu trouble.

2. Les courbes d'absorption du Kochelsee, correspondant à différentes profondeurs, prouvent que le trouble de l'eau ne change en aucune façon la composition de sa couleur.

3. J'ai également traité l'eau du Kochelsee avec une solution de chlorure de zinc pour précipiter les particules en suspension. Après un mois, j'ai examiné la couleur de cette eau maintenant optiquement vide, et l'ai trouvée identique à la couleur primitive de l'eau du lac. Si les particules en suspension avaient eu quelque influence sur cette couleur, la lumière que l'eau laisse passer aurait dû être, après le précipité, plus pauvre en rayons rouges et plus riche en rayons bleus.

4. D'après la théorie de Rayleigh, la lumière est diffusée par des particules petites par rapport à la longueur d'onde. L'amplitude des vibrations de la lumière diffuse varie en raison inverse du carré de la longueur d'onde, et l'intensité en raison inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde. En désignant par J_0

l'intensité de la lumière incidente, par J_1 celle de la lumière réfléchie, on a

$$\frac{J_1}{J_0} = \frac{k}{\lambda_4}$$

où k est un facteur qui dépend des dimensions et du nombre des particules ; si la lumière pénètre un espace x dans le milieu trouble, on aura

$$J_1 = J_0 e^{-k\lambda^{-4} x}$$

Le rouge par exemple ($\lambda_1 = 650\ \mu\mu$) serait réfléchi plus faiblement que le bleu ($\lambda_2 = 450\ \mu\mu$) dans la proportion :

$$\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^4 = (1.44)^4 : 1 = 4.30 : 1$$

Il est clair que, dans la lumière transmise, la proportion de rouge sera beaucoup plus considérable que celle du bleu. Pour vérifier ce dernier point expérimentalement, j'ai pris de l'eau optiquement vide, puis un milieu trouble artificiel. Il est facile d'obtenir un milieu de ce genre avec une solution alcoolique de mastic, qu'on mêle à l'eau qu'on veut étudier. J'ai mêlé cette solution à de l'eau optiquement vide, de façon à avoir 5 mg. de poudre de mastic pour 12 litres d'eau. Après avoir laissé reposer ce mélange une nuit, j'ai obtenu pour la couleur de la lumière transmise les courbes d'absorption de la fig. 2.

Le but de cette expérience est de rechercher si l'absorption d'une eau troublée artificiellement est la même que celle d'une eau naturelle, si par conséquent la couleur de l'eau est entièrement ou seulement en

partie assimilable à celle d'un milieu trouble. Comparons notre dernière courbe (fig. 2) avec les courbes de la fig. 1. Nous remarquons avant tout que, pour les milieux troubles, l'absorption du rouge diminue considérablement, déjà pour un milieu peu trouble seulement, tandis qu'elle augmente pour le bleu et que ce phénomène ne se présente d'une façon aussi marquée pour aucune eau naturelle. En effet, tous les lacs qui absorbent plus ou moins le bleu, absorbent le rouge beaucoup plus fortement; l'absorption croît à peu près en raison inverse de la transparence. Seuls les lacs de couleur jaune montrent une absorption un peu plus faible. Mais puisque la couleur du milieu trouble, préparé avec de l'eau pure, n'est semblable à la couleur d'aucune eau naturelle, les différences seraient encore bien plus grandes si l'eau naturelle, tout en étant un milieu trouble, possédait néanmoins une couleur propre, jaune ou verte; car alors le rouge ne serait que peu absorbé et le bleu au contraire le serait à un degré tel que les courbes ainsi obtenues ne pourraient plus en aucune façon être considérées comme des courbes d'absorption de l'eau. Il faut en conclure qu'*on ne peut assimiler en aucun cas la couleur de l'eau à la couleur d'un milieu trouble.*

2. *Théorie chimique.*

J'ai mentionné plus haut que des corps étrangers sont cause que la couleur d'une eau diffère du bleu. Nous pouvons préciser et dire : *ce sont uniquement des solutions de différentes substances qui donnent à l'eau sa couleur spécifique.*

Quels sont les éléments susceptibles de donner à

Absorption de la lumière dans l'eau considérée comme milieu trouble.

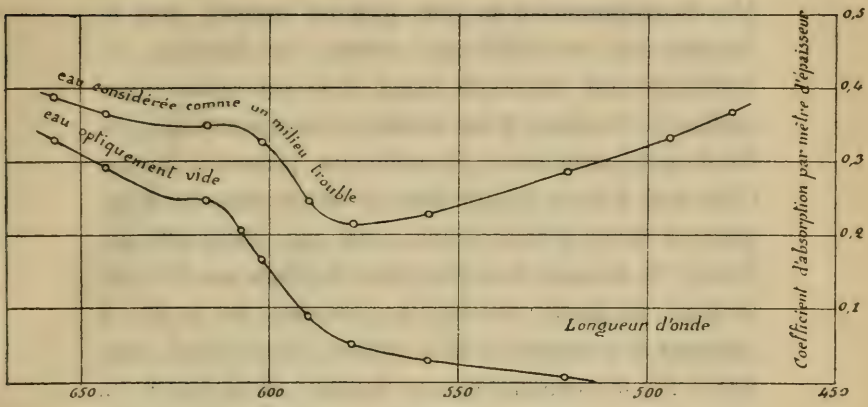


Fig. 2.

Solutions de calcaire et de substances organiques dans l'eau.

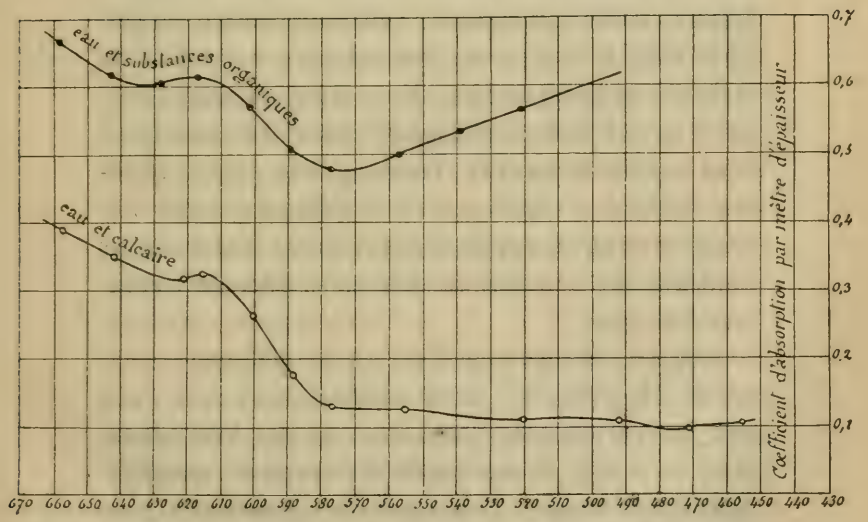


Fig. 3.

l'eau ses différentes couleurs? Il est naturel de considérer comme tels les substances que l'on rencontre le plus fréquemment et en plus grandes masses, soit le calcaire sous ses différentes formes, la dolomite, le carbonate et le sulfate de chaux et les substances organiques et l'humus. Pour vérifier cette hypothèse, j'ai fait deux expériences : j'ai mêlé une première fois de l'eau pure à de la chaux dans la proportion de 1 gr. pour 12 litres d'eau (environ 84 mg. dans 100 gr. d'eau) ; la seconde fois, j'ai filtré de l'eau sur 250 gr. de terre de jardin fraîche. Les courbes de la fig. 3 donnent la composition de la couleur de ces deux solutions. En les comparant aux courbes de la fig. 1, on voit qu'elles sont très semblables aux courbes des couleurs des eaux naturelles. La courbe se rapportant à l'eau calcaire montre de plus que cette eau a une couleur verdâtre, puisqu'elle absorbe un peu le bleu. L'autre courbe correspond à une eau brunâtre ou jaunâtre dont la couleur est intermédiaire entre celle du Staffelsee et de l'Arbersee. Nous obtenons ainsi ce résultat qu'une *forte* proportion de calcaire communique à l'eau une teinte verdâtre, tandis qu'une grande quantité de matières organiques en dissolution fait passer la teinte au brun ou au jaune. Ces résultats sont d'ailleurs confirmés par l'analyse de différentes eaux de coloration différente.

Jetons encore un coup d'œil sur les différentes courbes des lacs (fig. 1) ; nous remarquerons pour l'eau pure les particularités suivantes : 1) une forte absorption du rouge, 2) une bande d'absorption caractéristique dans l'orangé, 3) une grande transparence pour le bleu. D'une manière générale, on constate les mêmes

phénomènes avec des variations plus ou moins grandes dans le bleu, pour toutes les eaux dont la teneur en calcaire est élevée. Nous remarquons ensuite que la composition de la couleur de l'Achensee est presque la même que celle de l'eau pure. Ce lac ne contient donc que très peu de substances en dissolution. Nous remarquons enfin un accroissement dans l'absorption du bleu avec un accroissement de la teneur en matières organiques. On peut ainsi reconnaître la composition d'une eau d'après sa couleur si l'on a déterminé l'influence de ces deux substances (calcaire et matières organiques) sur la marche de la courbe d'absorption.

Nous sommes donc à même de conclure, en terminant, que *la eouleur d'un lac ou d'autres eaux est une couleur propre, qui est due d'abord à la couleur propre de l'eau pure, laquelle est modifiée par la composition chimique. Cette dernière, à son tour, dépend des conditions géologiques des environs immédiats ou éloignés.* Mais ce n'est pas seulement la couleur d'un lac qui dépend de la nature géologique des terrains environnants, mais aussi la végétation qui entoure ce lac. Or cette végétation a précisément une grande influence sur la transparence de l'eau. Enfin la couleur et la transparence ont une légère influence sur la température, dont dépend en dernier lieu la vie organique animale et végétale du lac.

Ces résultats permettent *une nouvelle classification des lacs d'après leur couleur*, spécialement d'après l'absorption que leurs eaux exercent sur le bleu. Nous pouvons distinguer quatre groupes :

1. Le bleu n'est pas absorbé ; couleur bleue (type ; Achensee).

2. Le bleu est faiblement absorbé ; couleur verte (type : Walchensee).

3. Le bleu est fortement absorbé ; couleur jaune-verdâtre (type : Kochelsee).

4. Le bleu est complètement absorbé ; couleur jaune ou brune (type : Staffelsee).

On peut déjà constater ces différences à l'œil nu ; à l'aide d'un spectroscope de poche, on peut les déterminer exactement.

Munich, 1903.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 21 octobre 1903.

L. Pelet. Tirage siphonique. — C. Strzyzowski. Une impureté de l'oxyde de magnésium. — H. Dufour. Absorption de la radiation solaire.

M. le prof. Pelet expose le résultat de ses expériences sur le tirage siphonique. En plaçant un tuyau en forme de siphon entre un calorifère et une cheminée on constate :

1° que le siphon récupère une notable partie de la chaleur inutilement perdue ;

2° Que le siphon fonctionne comme un régulateur du tirage.

Cette dernière constatation constitue une propriété nouvelle et intéressante ; l'auteur a comparé à ce tirage siphonique un tirage direct et a trouvé dans chaque cas, que lorsque le tirage est très actif le siphon ralentit le tirage ; si au contraire le tirage est faible le siphon l'accélère.

M. C. Strzyzowski fait une communication sur une *impureté non encore signalée de l'oxyde de magnésium.*

D'une part le fait que l'oxyde de magnésium peut très bien servir comme intermédiaire de l'incinération dans le dosage du chlore contenu dans les matières organiques [1],

[1] Pour détails voir : *Oesterr. Chemiker-Zeit.* 1903 : Ueber ein praktisches Veraschungs verfahren zur Bestimmung von Chlor in tierischen Flüssigkeiten und Organen sowie in Nahrungsmitteln von prof. Dr C. Strzyzowski.

d'autre part le pouvoir de fixation qne ce même composé manifeste pour le chlore et le soufre organique ont suggéré à l'auteur l'idée de l'expérimenter aussi avec de l'arsenic en combinaison avec du soufre ou en mélange organique.

L'oxyde de magnésium calciné avec du As_2S_3 ou avec des matières arsénicales d'origine organique (urine ou bière arsenicale, matières vomies, etc,) fixera-t-il ou non l'arsenic? Cette question qui a été résolue positivement et qui constitue d'ailleurs le point de départ d'une nouvelle recherche d'arsenic, méthode dont l'auteur se réserve le développement, a soulevé une nouvelle question, savoir celle de la pureté de l'oxyde de magnésium même. Au cours de nombreux essais auxquels on a soumis cette substance, il a été établi, contrairement à toute attente que l'oxyde de magnésium est très souvent souillé par l'arsenic. Sur 41 échantillons provenant de Londres, Paris, Berlin, Kœnigsberg, Vienne, Milan, Lausanne, etc, 26 ont contenu de l'arsenic en proportion de 0 mg 1-5mg °/₀. La teneur la plus forte a été trouvée à Paris et à Milan.

Comme l'oxyde de magnésium est employé en médecine comme purgatif, antacide et comme antidote de l'arsenic, on peut bien se demander :

1° Si cette quantité d'arsenic ne pourrait pas avoir une influence nocive sur l'homme, et

2° Si l'arsenic contenu éventuellement dans un antidote préparé avec de la magnésie arsenicale ne pourrait, cas échéant, induire en erreur un chimiste dans une expertise médico-légale.

A la première question on peut répondre négativement, car il est très peu plausible qu'une combinaisont pratiquement insoluble, comme l'est l'arséniate basique de magnésium ($Mg_3As_2O_8$) — forme sous laquelle l'arsenic est contenu dans MgO — puisse être absorbée par les muqueuses.

Par contre, à la seconde question, on peut répondre positivement, car si la magnésie administrée dans une intoxication soupçonnée, mais nullement établie, contenait par hasard un peu plus d'arsenic (p. ex. 0mg 05 par

gramme) le résultat positif de l'examen des déjections ou vomissements pourrait paraître trop suggestif pour ne pas admettre un cas bénin d'un empoisonnement par l'arsenic.

Quant à savoir d'où provient l'arsenic dans l'oxyde de magnésium, on peut admettre que cela a lieu par l'intermédiaire du sulfate de magnésium impur, qui, obtenu par l'action de l'acide sulfurique ordinaire sur la dolomie, sert à la fabrication de l'oxyde et du carbonate de magnésium. Dans ce dernier composé, la présence de l'arsenic a été également constatée.

M. Henri Dufour donne à la Société de nouveaux renseignements sur l'absorption anormale de la radiation solaire signalée au mois de mars, l'anomalie s'est prolongée tout l'été, mais diminue. — Des différences semblables à celles observées à Lausanne ont été signalées en Russie, en Allemagne et en Pologne. En outre, une absorption anormale pendant cet été a été constatée aussi pour les radiations ultraviolettes par M. Gockel, à Fribourg, et pour la visibilité de certains phénomènes astronomiques par M. Wolfer, à Zurich. Enfin le trouble de l'atmosphère s'est manifesté par la disparition complète de la lune pendant l'éclipse du 11 avril 1903. Tous les faits prouvent donc une opacité exceptionnelle de l'atmosphère en 1903.

Le même membre signale le fait qu'on augmente un peu la sensibilité d'une flamme sensible, quand la pression est insuffisante, en introduisant près de l'orifice un fil de métal.

Séance du 4 novembre.

F.-A. Forel. Le cercle de Bishop. — S. Bieler. L'évolution du garrot. — Galli-Valerio. Mochlonyx velutinus. — J. Perriraz. Planches pour l'enseignement de la botanique. — H. Dufour. Perturbations télégraphiques.

M. F.-A. Forel a signalé dans la *Gazette de Lausanne* du 5 août et dans les comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, du 10 août 1903, la réapparition du

Cercle de Bishop, la couronne solaire qui avait été vue de 1883 à 1886 après l'éruption du Krakatoa et qui était attendue après l'éruption, également abondante en cendres volcaniques, de la Montagne Pelée de la Martinique, du 8 mai 1902. Cette publication a provoqué la mise au jour d'observations nombreuses du phénomène dans le courant de l'année qui vient de s'écouler.

C'est ainsi que M. Clayton de l'Observatoire des Blue Hill's Mass., a vu le cercle de Bishop, au début de l'hiver 1902-1903, puis en janvier, février, mai, juin et juillet 1903; le Dr Busch à Arnsberg, le 19 novembre 1902, les 21 et 22 mars 1903; le prof. Max Wolf à l'Observatoire d'Heidelberg en janvier 1903; le Dr J. Maurer à Zurich, en janvier, les 27 et 28 mars, les 7, 8 et 9 juillet et fin juillet 1903; le directeur Rykatsheff à l'Observatoire de Pawlowsk, St-Pétersbourg, signale un trouble plus ou moins intense du ciel autour du soleil, les 5 octobre, 9 novembre 1902, 21 janvier, 10, 18, 23 février, 17 mars, 5 avril, 29 mai et 26 juillet 1903. Le 26 juillet encore le cercle de Bishop a été vu simultanément par le Dr M. Arnold à Lucerne, le Dr Albrecht à Frauenfeld, M. C. Bührer à Clarens et M. F.-A. Forel à Hoh-Königsburg en Alsace, etc. En réunissant toutes ces dates, il semble presque que le cercle de Bishop aurait été d'observation continue depuis le commencement de l'hiver 1902-1903.

Ce qui est certain, c'est que depuis le 1er août jusqu'à aujourd'hui 4 novembre, l'observation de M. Forel a démontré chaque jour l'existence de ce phénomène météorique. Sauf les jours où le ciel a été couvert par un rideau compact de nuages, nous avons tous les jours constaté son apparition sous la forme :

1° Ou d'un voile opalin blanchâtre autour du soleil brillant dans un ciel bleu, sans nuages.

2° Ou d'un large cercle grisâtre, parfois même rougeâtre, apparaissant dans les trous des nuages, lorsque le soleil était masqué par un nuage opaque.

3° Ou enfin le cercle de Bishop parfait, nimbe argenté-bleuâtre entourant immédiatement le soleil, bordé extérieu-

rement par un halo cuivré-rougeâtre de 10 à 20° de large. Cette observation, nous l'avons répétée chaque fois que nous nous sommes élevé au-dessus des poussières de la plaine, à partir de 1500 m. d'altitude, sur les montagnes de FinHaut, en Valais, aux Rochers de Naye, sur le Pilate, au St-Gothard, dans le Jura vaudois. Elle a été confirmée par vingt observateurs de nos amis qui ont reconnu le phénomène dans leurs ascensions de montagne, à partir de 2000 m. jusqu'au sommet du Mont-Blanc. D'après cela, nous pouvons affirmer que le cercle de Bishop, pendant les mois d'août à octobre 1903, a été d'apparition continue : et cela le sépare nettement des feux crépusculaires anormaux de l'année dernière qui ont été d'apparition discontinue et intermittente. (Voir séance Soc. vaud. sc. nat., 5 novembre 1902.)

M. Forel recommande l'observation de ce beau phénomène, spécialement aux habitants des villages de haute altitude et aux Observatoires de haute montagne; dans la plaine, à ceux qui sauraient s'habituer à le reconnaître.

M. le Dr S. Bieler fait une communication sur les changements qui se sont produits à la région du garrot sur les animaux domestiques, spécialement sur le cheval et l'espèce bovine.

Le *garrot* est la partie du dos qui fait saillie immédiament en arrière de l'encolure et qui s'étend plus ou moins sur le dos.

Cette partie a pour base les apophyses épineuses des premières vertèbres dorsales. Ces apophyses donnent attaches aux muscles et aux ligaments élastiques destinés à relever l'encolure. Plus le garrot est élevé, plus les muscles et les ligaments redresseurs de l'encolure sont développés et plus aussi le port de la tête est élevé.

Les anciens auteurs qui décrivent le garrot, jusqu'à *H. Bouley* (1866) et *Goubaux* et *Barrier* (1886), l'indiquent comme limité aux sept premières vertèbres dorsales. Actuellement des auteurs, non moins classiques, MM. *du Hello*, directeur du Haras du Pin, et *Lesbre*, professeur

d'anatomie à l'Ecole vétérinaire de Lyon, disent que le garrot doit être prolongé en arrière. La force du cheval en est plus grande et on voit se réaliser chez les bons chevaux la conformation indiquée par ces derniers auteurs. Il y a donc une modification utilitaire dans la conformation de l'échine des chevaux.

Le garrot se rencontre aussi sur la *girafe*. Tout son dos forme un énorme garrot nécessaire pour produire le *beau* port de la tête. Le développement du garrot fait contraste avec les petites dimensions de la croupe.

Dans l'*espèce bovine*, nous trouvons le garrot très développé chez les animaux sauvages. Sur le squelette d'un bison américain qui est au Musée agricole de Lausanne, les apophyses des 2e et 3e vertèbres mesurent plus de 52 centimètres, tandis que la tête elle-même ne mesure que 52 centimètres. Chez le *Yak*, chez le *Gayal* on voit aussi un garrot prononcé, et dans ce que l'on peut reconstituer du *Bos primigenius*, on peut constater aussi la présence d'un garrot, et le train de derrière est peu développé.

Au contraire, chez nos bovidés domestiqués le garrot a complètement disparu par suite de procédés que M. Bieler passe en revue, et par balancement d'organes, le train de derrière semblait, il y a une quarantaine d'années, avoir attiré toute l'activité fonctionnelle.

Mais le déplacement de croissance a aussi amené la diminution de la cage thoracique et les animaux qui étaient ainsi construits n'avaient guère de valeur comme bêtes de boucherie et, en outre, ils étaient, non seulement des candidats à la tuberculose, mais les propagateurs de cette terrible maladie.

Actuellement, et déjà depuis quelques années, on réagit contre cette mauvaise construction ; par un meilleur élevage des jeunes animaux, par une sélection plus attentive, par l'élimination des animaux mal constitués et par un mesurage exact dans les concours, on est arrivé peu à peu à rétablir l'équilibre entre le train de devant et celui de derrière et même, à présent, on voit se produire une accentuation manifeste des apophyses épineuses de la région dorsale, un renforcement de cette région.

Au dernier grand concours fédéral de Frauenfeld, M. Biéler a constaté sur un bon nombre d'animaux, les plus distingués, cette modification nouvelle d'une manière plus accentuée qu'il ne l'avait observé auparavant.

M. Bieler fait ressortir ce fait intéressant que : *dans l'espèce chevaline dont les ancêtres et les parents sauvages actuels ne sont guère pourvus d'un garrot, le garrot a poussé sous l'influence de la domestication et qu'il est considéré comme un organe important.*

Au contraire, dans l'espèce bovine, qui était pourvue originellement d'un garrot très prononcé, il y a eu disparition de cette partie sous l'influence de la domesticité, et que, à nouveau, par des procédés zootechniques d'amélioration on arrive à régénérer cette partie.

M. B. Galli-Valerio, au nom aussi de Mme Rochaz, communique des observations faites sur la présence de *Mochlonyx Velutinus* Ruthe dans le canton de Vaud. Ce culicidé, qui a été observé en Angleterre, Scandinavie, Allemagne et Danemark, est signalé pour la première fois en Suisse. Jusqu'à maintenant, la larve de M. velutinus n'avait été décrite que par Meinert.

M. Perriraz a continué la série de planches destinées a l'enseignement de la botanique, dont les trois premières ont été présentées précédemment à la Société.

M. Henri Dufour signale le fait que les perturbations électriques qui se sont produites dans le service télégraphique des pays voisins, ont affecté aussi le réseau suisse. D'après les renseignements obligeamment communiqués par le bureau de Lausanne, ce service a été affecté par les courants telluriques le 31 octobre, l'après-midi, depuis 3 h., sur les lignes directes; la perturbation a cessé à 4 h. 55 pour recommencer entre 6 et 7 et durer jusqu'à 9 h. du soir. Les transmissions de Berne et de Genève avec Paris étaient fort difficiles.

Cette perturbation électrique a coïncidé, comme c'est

ordinairement le cas, avec une Aurore boréale intense vue dans l'Amérique du Nord et aussi en Suisse. — Il importe d'attirer l'attention des observateurs sur ce fait que nous sommes entrés depuis la fin de 1901 dans une période de maximum de taches solaires dont le nombre augmente rapidement; le parallélisme de l'abondance des taches solaires et de la fréquence des aurores boréales et des perturbations magnétiques paraît bien établi; il y a donc lieu de s'attendre à une répétition du phénomène observé le 31 octobre.

Séance du 18 novembre.

E. Chuard. Fixation de l'azote atmosphérique. — G. Martinet. Un cas d'influence du sujet sur le greffon. — P. Mercanton. Dimensions du cercle de Bishop ; nivomètre d'Orny.

M. E. Chuard expose l'état actuel de la question de la *fixation de l'azote atmosphérique*. Ce problème, d'une indéniable actualité, peut être envisagé à deux points de vue qui ont chacun leur importance :

1° Fixation *naturelle* soit par les micro-organismes du sol, spécialement par ceux vivant en symbiose avec des plantes cultivées (légumineuses), soit par les phénomènes chimiques provoqués par les actions électriques de l'atmosphère;

2° Fixation *artificielle*, par des procédés susceptibles d'une application industrielle, permettant de transformer en combinaisons, oxygénées ou non, l'azote de l'atmosphère.

Les recherches concernant la *fixation naturelle* de l'azote atmosphérique ont jusqu'ici un intérêt scientifique plutôt que pratique. Elles ont permis d'établir le cycle des transformations de l'azote à la surface de notre globe et donné l'explication de nombre de faits demeurés jusqu'ici mystérieux. Mais on ne peut pas dire qu'à l'heure actuelle elles aient exercé une influence réelle sur la production agricole et modifié les procédés culturaux.

La *fixation industrielle* de l'azote de l'air peut, au con-

traire, si les espérances se réalisent, acquérir une portée considérable. On sait, en effet, que les gisements de nitrate de soude, auxquels l'agriculture européenne a recours pour soutenir sa production intensive, sont en voie d'épuisement assez rapide, et l'on peut prévoir le moment où il faudra recourir à une autre source d'engrais azoté. Un procédé industriel réalisant la fixation de l'azote élémentaire sous une forme assimilable pour la plante ou capable de le devenir, aurait donc une importance de premier ordre.

Ce procédé est cherché actuellement dans deux directions différentes. L'une est celle indiquée par l'observation des phénomènes atmosphériques dans lesquels, sous l'influence des actions électriques naturelles, de petites quantités d'acides azoteux et azotique prennent naissance. Les progrès de l'électricité industrielle ont permis de réaliser cette oxydation dans des conditions assez favorables, semble-t-il, pour qu'on puisse espérer de voir un jour l'acide azotique fabriqué au moyen des éléments de l'air et de l'eau.

D'autres procédés encore plus récents mettent en œuvre la remarquable affinité que présente l'azote élémentaire, aux températures élevées, pour certains métaux parmi lesquels le calcium.

Déjà en 1897 (séance du 5 mai), M. Chuard, exposant à la Société vaudoise des sciences naturelles, ses recherches *sur les produits de décomposition du carbure de calcium par l'eau*, notait la présence de l'ammoniaque à la fois dans le gaz acétylène dégagé par réaction de l'eau sur le $Ca\,C_2$, et dans les résidus de la préparation de l'acétylène, de telle sorte qu'on arrivait à doser au total un dégagement d'azote ammoniacal allant jusqu'à 0,5 % du carbure employé.

M. Chuard expliquait cette production d'ammoniaque en deux phases successives par la présence dans le carbure de deux combinaisons résultant de la fixation de l'azote atmosphérique : 1° l'azoture de calcium $Ca_3\,N_2$, qui se décompose immédiatement au contact de l'eau, d'après l'équation :

$$Ca_3N_2 + 3\,H_2O = {}_3CaO + {}_2NH_3$$

2° Le cyanate de calcium $Ca(CNO)_2$. dont la décomposition au contact de l'eau est lente et se fait aussi avec dégagement de NH_3 :

$$Ca(CNO)_2 + 3\,H_2O = CaCO_3 + CO_2 + {}_2NH_3$$

Dès lors, MM. Frank et Caro, en Allemagne, ont fait breveter des procédés pour la fabrication, à l'aide de l'azote atmosphérique, des cyanures alcalino-terreux qui donnent aussi de l'ammoniaque avec l'eau ou la vapeur d'eau. Et, plus récemment, ils ont réussi à obtenir, par des procédés incomplètement connus puisqu'ils font l'objet d'un brevet, une combinaison d'un intérêt puissant sur laquelle on peut fonder de grandes espérances, c'est la cyanamide calcique $CaCN_2$, Pm = 80, proportion d'azote théorique (dans la combinaison pure) : 35 %. La cyanamide calcique à l'état brut, dont M. Chuard présente un échantillon, dose jusqu'à 20 % d'azote et au-delà. Des renseignements sur le prix de revient de l'unité de cet azote calcique manquent encore, il est vrai, mais ce qu'on sait de la réaction qui lui donne naissance permet d'espérer que le procédé deviendra un jour industriel.

Le très grand intérêt de ce produit entièrement nouveau, c'est qu'il constitue *un véritable engrais azoté directement applicable*. M. le Dr Liechti, directeur de l'Etablissement fédéral de chimie agricole, à Berne, auquel M. Chuard est redevable des échantillons présentés, a expérimenté déjà en 1901-1902 cette action fertilisante et a obtenu des résultats qui classent l'azote calcique entre l'azote nitrique et l'azote ammoniacal, c'est-à-dire exactement au second rang parmi les divers engrais azotés. C'est là un fait dont l'importance n'a pas besoin d'être soulignée.

M. Martinet, directeur de l'Etablissement fédéral d'essais de semences, à Mont-Calme, Lausanne, a observé sur un sorbier des oiseleurs greffé sur aubépine, une brindille dont le bourgeon terminal est entouré de deux feuilles de sorbier et d'une troisième feuille ayant nettement les caractères d'une feuille d'aubépine. C'est un nouveau cas de

l'influence du sujet sur la greffe. Des cas analogues sont cités par Darwin et, plus récemment, par Daniel, à la suite d'expériences personnelles et récentes sur des choux et des raves. M. Martinet rappelle l'observation de Wille d'un poirier greffé sur aubépine, dont feuilles, fleurs et fruits présentaient les caractères communs au poirier et à l'épine blanche.

Ces cas sont assez rares, c'est probablement pour cela qu'ils sont controversés; ils peuvent s'expliquer par la fusion des protoplasmes du sujet et du greffon.

M. Martinet, qui fait circuler photographie et feuilles concernant le cas observé à Mont-Calme, continuera ses observations et en fera part à la Société.

M. Paul-L. Mercanton présente les résultats des mensurations du *cercle de Bishop*, faites par lui en collaboration avec M. le Dr Constant Dutoit, le 8 Novembre 1903, en Naye. En s'aidant du sextant et de la photographie, ces messieurs ont trouvé :

Diamètre apparent du bord extérieur de l'anneau cuivré 48° 30' environ. Diamètre apparent du bord intérieur de l'anneau cuivré 25° 30' environ. Cette seconde donnée est un peu moins sûre que la première. En raison du dégradé très étendu des bords, les mesures sont d'ailleurs de faible précision.

M. Mercanton présente un essai de représentation à l'huile du phénomène.

M. Mercanton, en son nom et au nom de M. le prof. Lugeon, décrit l'*échelle nivométrique* installée en 1902 à la pointe d'Ornex (massif du Trient), pour mesurer les variations de l'enneigement. Il donne les résultats des relevés pour 1903.

Ces chiffres, ainsi que les détails relatifs à l'établissement du nivomètre, sont consignés dans les Rapports XXIII et XXIV de la commission suisse des glaciers. (*Annuaire du Club Alpin suisse*, 1903 et 1904.)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Ad. Wernicke's Lehrbuch der Mechanik. Erster Teil, Mechanik fester Körper von Al. Wernicke, Schluss-Abteilung. Brunswick, Vieweg und Sohn, 1903.

Ce troisième volume de la mécanique des corps solides, qui est le dernier de cette série, traite de l'élasticité. Le premier chapitre établit les propriétés fondamentales en exposant avec clarté les données expérimentales et les déductions mécaniques qu'on en tire. On sait que la mécanique technique est avant tout expérimentale, et l'ouvrage dont il s'agit s'adresse particulièrement aux techniciens qui y trouveront la solution des problèmes relatifs aux matériaux des constructions, à leur résistance et aux efforts supportés par les diverses parties des constructions elles-mêmes. Aussi l'auteur ne commence pas par les équations générales d'équilibre intérieur, mais, en partant de quelques cas simples de tension normale et de tension tangentielle, il initie le lecteur aux propriétés des corps élastiques isomorphes, ellipsoïdes d'élasticité et de déformation, constantes d'élasticité reliées par le coefficient de Poisson. Indiquons au nombre des points importants la flexion des supports assujettis par une ou deux extrémités, et la recherche de l'effort maximum en tenant compte de la tension tangentielle. Les calculs n'exigent pas des connaissances spéciales, mais parce que dans chaque cas l'auteur attaque la question directement, il faut le suivre sans se sentir guidé par des solutions générales. Ce n'est pas une critique, car on a la satisfaction, en allant jusqu'au bout de chaque calcul, de pénétrer jusqu'au fond du sujet.

Les chapitres relatifs au choc, à la conservation de l'énergie. à la théorie cinétique des gaz, aux machines considérées comme courant d'énergie, présentent un intérêt scientifique qui attirera le lecteur. Des considérations générales sur la marche progressive de la mécanique physique, qui est en somme la science de l'univers physique, terminent dignement cet ouvrage de grand mérite.

L. R.

CHIMIE

O. Kühling. Karl Heumanns. Anleitung zum Experimentieren bei Vorlesungen über anorganische Chemie. 3e édition. Brunswick, Vieweg u. Sohn, 1904.

Le livre de Karl Heumann est bien connu de tous ceux qui, comme professeurs ou préparateurs, ont à s'occuper de la partie expérimentale d'un cours de chimie générale. Il a eu deux éditions, dont les *Archives* ont rendu compte en leur temps. Après la mort de l'auteur, M. le prof. Kühling s'est chargé de continuer cet utile ouvrage en le maintenant à la hauteur des progrès de la science. Dans la troisième édition, qu'il vient de faire paraître, il a introduit toutes les importantes additions qu'exigeaient les récentes découvertes dans le domaine de l'électrochimie, de la chimie physique, de la production des basses températures, etc. Ainsi complété, ce traité si clair et si instructif continuera à être un guide précieux dans l'enseignement de la chimie.

Revue des travaux faits en Suisse.

Eug. Bamberger et M. Czerkis. Oxydation du phénol par l'acide monopersulfurique (*Journ. prakt. Chem.* 1903, **68**, 486, et *Chemisches Repertorium*, 1904, p. 19, Zurich).

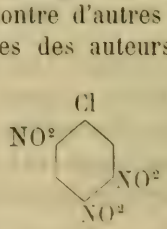
Le phénol, abandonné pendant 15 heures à la température ordinaire avec une solution neutralisée d'acide mono-

persulfurique, donne de la pyrocatéchine et de la quinhydrone. En opérant en solution éthérique et en agitant, on obtient les mêmes composés et l'on retrouve encore d'autres produits d'oxydation.

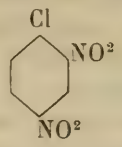
R. Nietzki et W. Zænker. Sur un nouveau trinitrochlorbenzène (*Berichte d. deutsch. Chem. Ges.* 36 (1903), 3953, Bâle).

En nitrant le m-chlornitrobenzène, Laubenheimer a préparé autrefois le dinitrochlorbenzène $C^6H^3Cl(NO^2)_2$ 1.3.4. Les auteurs ont trouvé qu'en soumettant de nouveau ce produit à la nitration avec les acides concentrés dont on dispose maintenant, on arrivait à un dérivé trinitré nouveau. Ils ont employé dans ce but une méthode analogue à celle qui a été brevetée par la fabrique de produits chimiques de Griesheim pour transformer le dinitrochlorbenzène 1.2.4 en trinitrochlorbenzène 1.2.4.6. 40 grammes de dinitrochlorbenzène 1.3.4 sont introduits dans 80 gr. d'acide sulfurique fumant à 40 % d'anhydride refroidi; lorsque le dérivé nitré est dissous, on fait couler peu à peu la solution dans un mélange de 160 gr. d'acide sulfurique monohydraté et de 120 gr. d'acide nitrique de D = 1.52; la première réaction étant passée, on chauffe le tout peu à peu à 140-150°, puis on coule sur la glace.

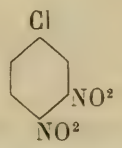
Le trinitrochlorbenzène que l'on obtient ainsi cristallise dans l'alcool en feuillets F. 116°. Il est insoluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool bouillant, dans le benzène et dans l'acide acétique. Ce qui rend ce produit intéressant, c'est qu'il peut échanger soit son atome de chlore, soit un groupe nitro contre d'autres radicaux. Il possède, d'après les recherches des auteurs, la constitution suivante :



tandis que le chlordinitrobenzène



échange son atome de chlore avec la plus grande facilité, dans le chlordinitrobenzène

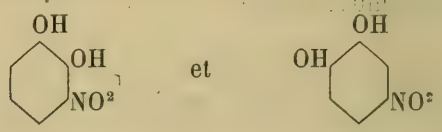


le chlore est stable par suite de l'influence qu'exerce sur lui le groupe nitro en position meta. D'autre part, ce groupe nitro, par suite du voisinage d'un autre groupe nitro, est mobile. Le nouveau chlortrinitrobenzène se présente donc, au point de vue de la stabilité de son atome de chlore et d'un groupe nitro, comme une combinaison des deux chlordinitrobenzènes dont il vient d'être question. Le groupe nitro qu'il renferme, en position meta relativement au chlore, est moins stable que l'atome de chlore ; tandis que le groupe nitro s'échange déjà à la température ordinaire contre d'autres radicaux, la substitution de l'atome de chlore exige une température plus élevée et une action plus énergiqne. Ce nouveau chlortrinitrobenzène se prête donc très bien à la préparation d'un grand nombre de corps nouveaux.

Eug. Bamberger et M. Czerkis. Action du réactif de Caro sur les trois aminophénols (*Journ. prakt. Chem.* 1903, 68, 473, et *Chemisches Repertorium*, 1904, p. 19, Zurich).

Les trois aminophénols se comportent envers le réactif de Caro de la manière suivante : L'o-aminophénol oxydé

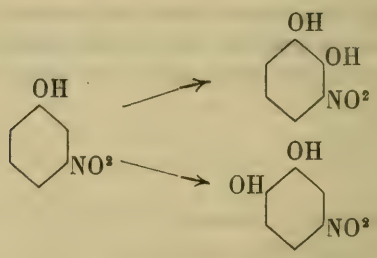
en solution éthérique par une solution neutralisée d'acide monopersulfurique fournit en même temps qu'un composé cristallisé en aiguilles rouge rubis, F. 156°,5, dont la constitution n'a pas éte déterminée, de l'o-nitrophénol. Une partie de l'o-aminophénol a échappé à la réaction. Le m-aminophénol donne dans les mêmes conditions du m-m-dioxyazoxybenzène, du m-nitrophénol et deux nitropyrocatéchines isomères



Le p-aminophénol donne en solution éthérique du p-nitrophénol, et en solution aqueuse de la quinone et de l'hydroquinone.

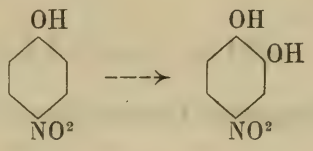
Eug. Bamberger et M. Czerkis. Oxydation du m et du p-nitrophénol au moyen de l'acide monopersulfurique (*Jour. prakt. Chem.* 1903, **68**, 480, et *Chemisches Repertorium*, 1904, p. 19, Zurich).

L'acide monopersulfurique réagit sur le *m-nitrophénol* en partie comme hydrolysant direct d'après le schema suivant :



et en partie comme décomposant le noyau benzénique avec formation d'oxyde de carbone et d'une huile superoxydée fournissant de l'acide succinique.

Le *p-nitrophénol* est aussi décomposé partiellement par le même réactif; il est, d'autre part, hydrolysé directement en 4 nitro-1.2 pyrocatéchine



Quant à l'*o-nitrophénol*, il est, contrairement à ce que l'on aurait pu supposer, plus difficilement attaqué que ses isomères. Ses produits d'oxydation sont encore à l'étude.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1903

Octobre

811. Cantoni e Vechietti. Proprietà chimico-fisiche dei malati alcalino-terrosi. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Gazzetta chim. italiana* 33 (2). 139.

812. Henz (Fritz). Beitrag zur Kenntnis der Trennung von Antimon und Zinn mittels Oxalsäure. *Dissert.* Zürich (Prof. Treadwell).

812 *bis*. Henz (F.). Beitrag zur Kenntnis der Trennung von Antimon und Zinn mittels Oxalsäure. Zürich. Analyt. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. anorg. Ch.* 37. 1.

813. Human (Alfred) und Weil (Hugo). Zur Kenntniss des m-Azoxybenzaldehyds und seiner Analogen. Basel. — *Berichte* 36. 3469.

438 *bis*. Klut (H.). Ueber das o-Dianisylthiodicyandiamin und einige Derivate desselben. Basel. — *Berichte* 36. 3322.

814. Kreis (Hans). Zur Kenntnis des Sesamöles. Basel. Techn. chem. Lab. der Univ. — *Chemiker-Zeitung* 27. 1030.

815. Luedy (F.). Ueber das Ichtyolrohöl und dessen Darstellung. Burgdorf. — *Chemiker-Zeitung* 27. 984.

816. Lunge (G.). Zur Bestimmung von Schwefel in Pyriten. Zürich. Polytechn. — *Berichte* 36. 3387.

456 *ter*. Lunge et Politt (George). Formation de l'anhydride sulfurique par action catalytique de l'oxyde ferrique. Zürich. Polytechn. — *Mon. scient.* 17. 745.

784 *bis*. Mayor (A.) et Fontana (E.). Les dérivés de la morphine utilisés en thérapeutique. Genève. — *Revue méd. de la Suisse romande* 23. 660.

817. Offerhaus (Cornelius). Beitrag zur Kenntnis des Verfahrens von Parr zur Bestimmung der Verbrennungswärme von Brennstoffen. *Dissert.* Zürich (Prof. Lunge).

817 *bis*. Offerhaus (Corn.). Zur Kenntnis des Parrschen Verfahrens zur Bestimmung der Verbrennungswärme. Zürich. Polytechn. — *Zeitschr. angew. Ch.* **16**. 911.

818. Offerhaus (C.). Bestimmung von Kohlendioxyd neben Chlor, besonders in elektrolytischem Chlor. Zürich. Polytechn. — *Zeitschr. angew. Ch.* **16**. 1033.

805 *bis*. Reverdin (Frédéric) et Crépieux (Pierre). Chlorirung des p-Amido- und des p-Oxy-o'p'-dinitrodiphenylamins mittels Natriumchlorat und Salzsäure. Genf. — *Berichte* **36**. 3262.

819. Taussig (Rudolf). Ueber die technische Darstellung von Aetznatron und Chlor bei Anwendung von Quecksilber-Kathoden. *Dissert.* Zürich (Prof. Lorenz).

820. Tschirch (A.). Ueber das Alban der Guttapercha. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **241**. 481.

821. Tschirch (A.) und Studer (B.). Ueber das amerikanische Kolophonium. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **241**. 495.

822. Tschirch (A.) und Studer (B.). Zur Konstitution der Abietinsäure. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **241**. 523.

823. Ullmann (F.). Travaux pratiques de chimie organique. (Paris) Genève.

662 *bis*. Wanner (Fr.). Beiträge zur Chemie des Sputums. *Dissert.* Basel (Prof. Müller).

824. Wassmer (Eugène). Recherches physicochimiques sur les éthers actifs, lactiques et maliques. *Thèse.* Genève (Prof. Guye).

824 *bis*. Wassmer (Eugène) et Guye (Philippe-A.). Recherches physicochimiques sur les éthers actifs lactiques et maliques. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **1**. 257.

825. Zænker (Waldemar). Ueber ein neues Chlortrinitrobenzol. *Dissert.* Basel (Prof. Nietzki).

Novembre

738 *bis*. Appelberg (Axel). Die Elektrolyse von geschmolzenem Bleichlorid. *Dissert.* Zürich (Prof. Lorenz).

826. Bamberger (Eug.) und Elger (Franz). Weitere Beiträge zur Kenntniss der Anthranile. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 3645.

827. Bamberger (Eug.) und Frei (Johannes). Ueber gemischte Tetrazokörper. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 3833.

828. Bamberger (Eug.) und Hübner (Rud.). Ueber die drei stellungsisomeren Nitro-nitroso-benzole. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 3803.

829. Bamberger (Eug.) und Hübner (R.). Reduction von o-Nitroazokörpern. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 3822.

830. Bamberger (Eug.) und Hübner (Rud.). Oxydation des Paraphenylendiamins. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 3827.

831. Bamberger (Eug.) und Seligmann (Rich.). Notiz über Oxydation von Aethylendiamin. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 3831.

832. Bistrzycki (A.) und Zurbriggen (B.). Ueber ein o-Kresyldiphenylcarbinol und sein chinoïdes Anhydrid. Freiburg. I chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **36**. 3558.

833. Bistrzycki (A.) und Herbst (C.). Ergänzungen zu der vorstehenden Abhandlung, sowie zu unseren Arbeiten über das p-Oxytriphenylcarbinol. Freiburg. I chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **36**. 3565.

834. Chuit (Philippe). Les ionones α et β à l'état chimiquement pur. Genève. — *Revue gén. de chimie*. **6**. 422. 510.

835. Dutoit (Paul) et Fath (Arthur). Etudes sur la polymérisation et sur le pouvoir dissociant des oximes. 1re partie : Sur la polymérisation de quelques oximes aliphatiques. Lausanne. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys*. **1**. 358.

836. Dziewonski (Karl). Ueber Dekacyclen (Trinaphtylenbenzol), einen neuen hochmolekularen, aromatischen Kohlenwasserstoff, und über Dinaphtylenthiophen, einen rothen Thiokörper. Freiburg. II. chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **36**. 3768.

516 *ter*. Guye (Ph.-A.) et Bogdan (St.). Méthodes rapides pour l'analyse physico-chimique des liquides physiologiques. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys*. **1**. 379.

837. Human (Alfred) und Weil (Hugo). Zur Kenntniss des m-Azoxybenzaldehyds und seiner Analogen. Basel. — *Berichte* **36**. 3801.

815 *bis*. Luedy (F.). Ueber das Ichthyolrohöl und dessen Darstellung. Burgdorf. — *Schweiz. Wochenschr*. **41**. 541. 602.

838. Micheli (Pietro de). Einige Beobachtungen über den Ein-

fluss der Mercerisation auf Oxyzellulose. Aarau. Färberei von Alfred Wyser. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* **2**. 437.

839. Oesterle (O.-A.). Rheïn aus Aloë-Emodin. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **241**. 604.

840. Pictet (Amé). Synthèse de la nicotine. Genève. — *Comptes rendus* **137**. 860.

805 *ter*. Reverdin (Frédéric) et Crépieux (Pierre). Chloruration de la p-amido et de la p-oxy-o'-p'-dinitrodiphénylamine au moyen du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique. Genève. — *Bull. de la Soc. chimique* **29**. 1054.

841. Seiler (F.) und Verda (A.). Die Phosphormolydänsäure, ein Reagens zur Charakterisirung der Aminogruppe. Lausanne. Kantonslab. — *Chemiker-Zeitung* **27**. 1121.

821 *bis*. Studer (Bernhard). Ueber das amerikanische Colophonium. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

842. Treadwell (F. P.). Zur Nichtfällbarkeit des Magnesiums durch Ammoniak bei Gegenwart von Ammoniumsalzen. Zürich. Anal. Abt. des Polytechn. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **37**. 326.

774 *bis*. Tschirch (A.) und Schmidt (Georg). Ueber den Harzbalsam von Pinus Laricio. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **241**. 570.

843. Weber (Gottlieb). Ueber einige Amido- und Amidooxydiphenylamine und Derivate derselben. *Dissert.* Zürich (Prof. Gnehm).

844. Werner (A.). Eine neue Synthese von Kohlenwasserstoffen mittels magnesiumorganischer Verbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 3618.

Décembre.

845. Bamberger (Eug.). Zur Isomerie der Diazotate. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 4054.

419 *bis*. Bamberger (Eug.) und Czerkis (M.). Ueber das Verhalten der drei Aminophenole gegen das Carosche Reagens. Zürich. Polytechn. — *J. prakt. Ch.* **68**. 473.

846. Bamberger (Eug.) und Czerkis (M.). Oxydation von m- und p-Nitrophenol mit Sulfomonopersäure. Zürich. Polytechn. — *J. prakt. Ch.* **68**. 480.

847. Bamberger (Eug.) und Czerkis (M.). Oxydation des Phenols mit Sulfomonopersäure. Zürich. Polytechn. — *J. prakt. Ch.* **68**. 486.

848. Cadgène (Ernest). Zur Kenntnis des asymmetrischen Metaxylylhydroxylamins, des as-Metaxylyldiazoimids und des Ortho-Tolyldiazoimids. *Dissert.* Zürich (Prof. Bamberger).

849. Cloetta (M.). Ueber das Verhalten des Morphins im Organismus und die Ursachen der Angewöhnung an dasselbe. Zürich. Pharmakol. Inst. — *Arch. exp. Pathol.* **50.** 453.

850. Gnehm (R.). Zur Fleckenbildung auf Seidenstoffen. Zürich. Polytechn. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* **2.** 453.

851. Goldschmidt (Carl). Ueber Reaktionen mit Formaldehyd. Genf. — *Chemiker-Zeitung* **27.** 1225.

852. Höber (Rudolf). Ueber die Hydroxylionen des Blutes. Zürich. Physiol. Inst. der Univ. — *Pflüger's Archiv* **99.** 572.

853. Kaufler (Felix). Ueber Azo- und Azomethinderivate des β-Aminoanthrachinons. Zürich. Polytechn. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* **2.** 469.

854. Klein (Emericus Isidorus). Contribution à l'étude de l'acide acétonitrique. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

855. Knapp (Th.) und Suter (F.). Experimentelle Untersuchungen über die Resorptions- und Ausscheidungsverhältnisse einiger Guajakolderivate. Basel. — *Arch. exp. Pathol.* **50.** 332.

856. Küylenstjerna (K. G. von). Enthält Capaloïn Methoxyl? Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **241.** 689.

825 *bis* Nietzki (R.) und Zænker (Waldemar). Ueber ein neues Trinitrochlorbenzol. Basel. Univ.-Lab. — *Berichte* **36.** 3953.

839 *bis.* Oesterle (O.-A.). Rheïn aus Aloë-Emodin. Bern. — *Schweiz. Wochenschr.* **41.** 599.

857. Rieder (Josef). Galvanotechnik und Photographie. Genf. — *Zeitschr. Elektroch.* **9.** 911.

858. Rupe (H.) und Porai-Koschitz (A.). Ueber chromophore Gruppirungen. Zur Kenntnis der Methinammoniumfarbstoffe. Basel. Univ.-Lab. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* **2.** 449.

859. Rupe (Hans) und Schlochoff (Paul). Ueber die Einwirkung von Semicarbazid auf ungesättigte Ketone. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* **36.** 4377.

860. Schulze (E.) und Winterstein (E.). Beiträge zur Kenntnis der aus Pflanzen darstellbaren Lecithine. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Z. physiol. Ch.* **40.** 101.

861. Schulze (E.) und Winterstein (E.). Ein Nachtrag zu der Abhandlung über einen phosphorhaltigen Bestandteil der

Pflanzensamen. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **40**. 120.

862. SCHUMACHER-KOPP. Zu den Reaktionen des Methylviolets und des Tropäolins. Luzern. *Chemiker-Zeitung* **27**. 1176.

863. SCHWEITZER (A.). Beeinflusst der Magnetismus die chemischen Reaktionen bei Silberhalogen- und lichtempfindlichen Eisensalzen? Zürich. — *Physikal. Zeitschr.* **4**. 852.

864. SPINDLER (O. von). Zitronensäurebestimmung mittels der Kalkmethode. Genf. — *Chemiker-Zeitung* **27**. 1263.

865. TREADWELL (F.-P.). Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. Band I : Qualitative Analyse. 3. Auflage (Leipzig) Zürich.

866. ULLMANN (F.) und MAUTHNER (F.). Ueber die Oxydation von substituirten o-Phenylendiaminen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 4026.

867. WOKER (Gertrud), KOSTANECKI (St. von) und TAMBOR (J.). Synthesen des 3,4-Dioxyflavons. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 4235.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux concernant la Géologie de la Suisse.

C'est en l'année 1870 que M. E. Favre publia pour la première fois dans les *Archives* la *Revue géologique suisse*, qu'il continua seul jusqu'en 1886. A ce moment il s'associa M. le professeur Schardt, avec lequel il a rédigé cette publication jusqu'en 1895, époque à laquelle il se déchargea définitivement de ce travail. Ce fut dès lors M. Schardt qui fut l'âme de cette revue, pour la rédaction de laquelle il s'assura l'aide du regretté Léon Du Pasquier, puis la mienne. Dans l'intervalle, le Comité de la Société géologique suisse, comprenant l'importance du travail entrepris par M. Favre, décida de le publier dans l'organe officiel de la Société, les *Eclogæ geologicæ Helvetiæ*, sous forme de tirages à part des *Archives*. Puis les *Eclogæ* étant devenues complètement indépendantes de tout autre journal scientifique, la Revue fut dès lors l'objet d'une double impression à Genève et à Lausanne. En même temps elle prit un développement progressif qui la rendit fort encombrante pour une publication du genre des *Archives*, ce qui engagea le Comité de rédaction à demander aux auteurs de la Revue d'en faire pour ce journal un abrégé devant paraître sous le nom de *Progrès de la Géologie en Suisse*.

Cette solution comportait un surcroît de travail assez important, auquel ne paraissait pas correspondre une réelle utilité. Aussi, étant pour le moment seul rédacteur de la Revue géologique suisse, me suis-je décidé, d'accord avec le Comité de rédaction des *Archives*, à cesser ces *Progrès de la Géologie* et à les remplacer par une simple liste des Travaux de géologie concernant la Suisse parus dans une année. Cette liste pourra, je l'espère, rendre des services aux lecteurs des *Archives*, et ceux qui désireront trouver des indications sommaires sur les travaux cités les trouveront, comme par le passé, dans la *Revue géologique suisse* publiée par les *Eclogæ geologicæ Helvetiæ*.

Ch. Sarasin.

1901

I. *Minéralogie et Pétrographie.*

1. Baltzer, A. Ueber die aplitische randliche Facies des Protogins an der Mieselen, Lauteraargletscher. *Mittheil. der naturforsch. Gesell. Bern*, 1901, p. 70-72.
2. Baltzer, A. Ueber die mechanische Umwandlung des Kalksteines in Marmor. *Mittheil. der naturf. Gesell. Bern*, 1901, p. 67-70.
3. Baumhauer, H. Ueber den Ursprung und die gegenseitigen Beziehungen der Krystallformen. *Rektoratsrede* gehalten am 25 Nov. 1901 in Freibourg.
4. Baumhauer, H. Ueber den Seligmannit, ein neues dem Bournonit homöomorphes Mineral, aus dem Dolomit des Binnenthales. *Sitzungsbericht der preussischen Akad. der Wiss.* Berlin, 1901, p. 110-117.
5. Boeris, G. Octaedrit del Scipsius (St. Gothardo). *Atti Soc. Ist. di Sc. nat.* Milano, 1901, p. 339-344.

6. Bonard. A. Étude pétrographique des roches éruptives du soubassement cristallin des Dents de Morcles-Dents du Midi. *Bull. Soc. vaudoise des Sc. nat.*, t. XXXVII, p. 273 à 342, et *Archives des Sc. nat.*, t. XII, p. 421.

7. Bonney, F.-A. Les Euphotides de la vallée de Saas. *C. R. de la Soc. géol. de Londres*, 4 décembre 1901.

8. Duparc, L. Sur la classification des schistes de Casanna des Alpes valaisannes. *C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 20 mai 1901.

9. Duparc, L. et Mrazec. Sur l'origine de l'épidote. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XI, p. 611.

10. Hirschi, H. Beiträge zur Kenntniss der gesteins bildenden Biotite und ihrer Beziehung zum Gestein. *Inaugural Dissertation.* Zürich, 1901.

11. Kaech, M. Vorläufige Mittheilung in den Porphyrgebieten zwischen Luganer See und val Sesia. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 129-135.

12. Koenigsberger, Joh. Die Minerallagerstätten im Biotit-protogin des Aarmassivs. *Neues Jahrb. für Min., Geol. und Pal. Beilageband.* XIV, p. 43-119, 1901.

13. Milch, L. Ueber dem Granitgneiss vom Roc Noir (Massiv der Dent Blanche südwestl. Wallis). *Neues Jahrb. für Min., Geol. und Pal.*, 1901, I, p. 49-88.

14. Preiswerk, H. Der Serpentin vom Geisspfad (Ober Wallis). *Eclogæ geol. Helv.*, vol. VII, p. 123-125.

15. Preiswerk, H. Ueber Dunitserpentin am Geisspfadpass im Ober Wallis. *Inaugural Dissertation.* Basel, 1901.

16. Preiswerk, H. Untersuchung eines Grünschiefers von Brusson (Piémont). *Centralblatt für Min., Geol. und Pal*, 1901, p. 303-308.

17. Schæfer, R. W. Der basische Gesteinszug von Ivrea im Gebiet des Mastallone Thales. *Tschermacks Min. und Petr. Mittheil*, t. XVII, p. 495-517.

18. Schmidt, C. Wulfenit aus der Mine Collioux bei Sankt Luc im Val d'Anniviers. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 139-140.

19. Solly and Jackson. A new Mineral from the Binnenthal. *Proceedings Cambridge philos. Soc.*, 1901, p. 239.

II. *Géophysique.*

20. Billwiller, R. Bericht der Erdbeben-Kommission für das Jahr 1900-1901. *Verh. der schweizerischen Naturf. Gesell.*, 84. Versamml. 1901.

21. Bruckner, Ed. Bericht der Fluss Kommission für 1900-1901. *Verh. der schweizer. Naturf. Gesells.* 84te Jahres versamm. 1901.

22. Finsterwalder, S. et Muret, E. Les variations périodiques des glaciers. VIe rapport rédigé au nom de la Commission internationale des glaciers. *Archives*, t. XII, p. 56-59 et 118-131.

23. Forel, F.-A. Les matières organiques dans les eaux du lac Léman. *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.*, t. XXXVII, p. 479-481.

24. Forel, F.-A. La thermique du lac. *Compte rendu des séances de la Soc. vaud. des Sc. nat.*; *Archives*, t. XI, p. 410-411.

25. Forel, F.-A. Étude thermique des lacs du Nord de l'Europe. *Archives*, t. XII, p. 35-55.

26. Forel, F.-A. L'éboulement du Fletschhorn. *Eclogæ geol. Helvetiæ*, t. VII, p. 147, et *Archives*, t. XII, p. 395 et 550.

27. Forel, F.-A. Sur le glacier du Rhône. *C. R. des séances de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XI, p. 209.

28. Forel, F.-A., Lugeon, M. et Muret, E. Les variations périodiques des glaciers des Alpes. *Annuaire du S. A. C.* (36e année), 1901.

29. Früh, J. Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1899. *Annal. der schweiz. meteorol. Centralanstalt*, *Jahrgang* 1899.

30. Gremaud, A. Les mouvements de terrain. *Bull. de la Soc. fribourg. des Sc. nat.*, t. IX, p. 17.

31. Hagenbach-Bischoff. Bericht der Gletscher-Kommission für das Jahr 1900-1901. *Verh. der schweiz. Naturf. Gesell*, 1901, p. 277.

32. Heim, A. Bericht an Herrn Profr Brückner, Präsident der Flussgeschiebe-Kommission. *Verh. der schweizer. Naturf. Gesell.* 1901.

33. Lugeon, M. Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales. *Annales de Géographie*, Paris. t. X, p. 295-317 et 401-428. Voir aussi *C. R. des séances de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XI, p. 412.

34. Lugeon, M. Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XXXVII, p. 423-454.

35. Mühlberg, F. Ueber die Herstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau. *Mittheil. der aargau. Naturf. Gesell.* H. IX.

36. Neuweiler, E. Beiträge zur Kenntniss der schweizerischen

Torfmoore. *Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesell. Zürich*, 1901.

37. Perrot, S. de. Données hydrologiques dans le canton de Neuchâtel. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXVIII, p. 222-232.

38. Ritter, G. Sur l'hydrologie neuchâteloise. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXVIII, p. 158-179.

39. Sarasin, Ed. Les oscillations du lac des Quatre-Cantons, *Archives*, t. XI, p. 161-171.

40. Schardt, H. Les mouvements de rocher de la Clusette. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXIX, 12 pages. Voir aussi *Archives*, t. XII, p. 183.

41. Schardt, H. L'éboulement du Fletschhorn. *Eclogæ geol. Helvetiæ*, t. VII, p. 148, et *Archives*, t. XII, p. 396.

42. Sprecher, F.-W. Grundlawinenstudien. *Jahrb. des S. A. C.*, t. XXXV, p. 268-292.

III. *Géologie descriptive. — Tectonique. — Stratigraphie et Paléontologie.*

43. Aeberhardt, B. Etude critique sur la théorie de la phase de récurrence des glaciers jurassiens. *Eclogæ geol. Helvetiæ*, t. VII, p. 103-119.

44. Baltzer, A. Geologie der Umgebung des Iseosees *Geol. und paleont. Abhandl. von E. Koken, neue Folge*, t. V, 48 p., 5 pl. et 1 carte. — Résumés dans les *C. R. de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1901, *Archives*, t. XII, p. 138, et *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 146.

45. Baumberger, E. Ueber Facies und Transgressionen der unteren Kreide am Nordrande der mediterrano-helvetischen Bucht im westlichen Jura. *Wissenschaftliche Beilage z. Bericht der Töchterschule in Basel*, 1901.

46. Béguin, F. Un pli-faille à Chatollion. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXVIII, p. 206-214, et *Archives*, t. XI, p. 523.

47. Bieler, Th. Etude préliminaire sur le modelé glaciaire et le paysage drumlinique de la plaine vaudoise. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XXXVII, p. 213-220.

48. Bistram, A. von. Ueber geologische Aufnahmen zwichen Luganer-und Comer-See. *Centralbl. für Min. Geol. und Paleont.* 1901, n° 24, p. 737-740.

49. Bonney, T.-A. On the relations of certain breccias to the

physical geography of their age. *Proceed. of the geol. Soc. of London*, nº 754, p. 48.

50. Bourquin, E. et Rollier, L. Notice sur les gisements anormaux des tranchées de la gare de la Chaux-de-Fonds. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXVIII, p. 80-85, et *Archives*. t. XI, p. 525.

51. Buxtorf, A. Geologie der Umgebung von Gelterkinden im basler Tafeljura. *Matériaux pour la Carte géol. de la Suisse*, 41. Livr.

52. Dubois, A. Les gorges de l'Areuse et le Creux du Van. Attinger frères, Neuchâtel, 1901.

53. Duparc, L., Mrazec, L. et Pearce, F. Carte géologique du massif du Mont-Blanc, éditée par le Comptoir minéralogique et géologique de Genève.

54. Eberli, J. Aus der Geologie des Kantons Thurgau mit einer Karte. *Mittheil der thurgau. Naturf. Gesel*, H. XIV, p. 21-98.

55. Fournier. Etude sur la tectonique du Jura franc-comtois. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 1901, p. 97-112.

56. Frey, H. Mineralogie und Geologie für schweizerische Mittelschulen. Leipzig, 1901. A. Freitag, libraire. 230 pages et 260 figures.

57. Girard, R. de. Tableau des terrains de la région fribourgeoise. *Mém. de la Soc. fribourg. des Sc. nat.*, t. II, fasc. II.

58 Gutzwiller, A. Zur Altersfrage des Loess. *Verhandl. der Naturf. Gesel. Basel*, t. XIII, H. 2, p. 271-286.

59. Hühne, S. von. Eine orographische Studie am Kniee des Rheines. *Geograph. Zeitschr.*, t. VII, p. 140-148.

60. Lamothe, de. Etude comparée des systèmes de terrasses des vallées de l'Isser, de la Moselle, du Rhin et du Rhône. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 297-383.

61. Leuthardt, F. Beiträge zur Kenntniss der Flora und Fauna der Lettenkohle von Neuewelt bei Basel. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 125-128.

62. Lorenz, Th. Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Facies II : Südlicher Rhäticon. *Ber. der Naturf. Gesel. von Freiburg* B., t. XII, p. 34-95.

63. Loriol, P. de. Etude sur les Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien supérieur et moyen du Jura bernois. *Mém. de la Soc. pal. suisse*, t. XXVIII, 1901.

64. Lugeon, M. Sur la découverte d'une racine des Préalpes suisses. *C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 17 janvier 1901.

65. Lugeon, M. Dislocations dans la Mollasse du ravin de la Paudèze. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 1901, *C. R.*. p. 87.

66. Lugeon, M. Stries glaciaires au tunnel de Chexbres. *C. R. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XI, p. 411.

67. Lugeon, M. et Roessinger, G. Géologie de la haute vallée de Lauenen. *Archives*, t. XI, p. 74-78.

68. Mühlberg, F. Programm der Excursionen der schweizerischen geologischen Gesellschaft. *Mittheil. der aargau. Naturf. Gesell*, t. IX.

69. Renevier, E. Vallée transversale à travers le monticule e Saint-Tripbon. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XXVIII, séance du 6 juin 1901.

70. Roessinger, G. et Bonnard, A. Les blocs cristallins de la Hornfluh. *C. R. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XII, p. 541, et *Bull. de la Soc. vaud.*, t. XXXVII, p. 471-478.

71. Rollier, L. Nouvelle poche fossilifère de Sidérolithique. *C. R. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XII, p. 79.

72. Rothpletz, A. Das Grenzgebiet zwischen Ost- und West-Alpen und die rhätische Ueberschiebung. *München Lindauersche Buchlandlung*, 174 pages, 69 fig. 5 pl.

73. Rothpletz, A. Ueber die Entstehung des Rheinthales oberhalb des Bodensees. *Verein für die Geschichte des Bodensees*, etc., fasc. 29, 1901.

74. Rothpletz, A. Antwort an den offenen Brief von Herrn Dr C. Tarnuzzer. *Centralbl. für Min. Geol. und Pal.*, 1901, p. 353-360.

75. Sarasin, Ch. Les formations infracrétaciques de la chaîne Pleiades-Corbettes-Niremont. *Archives*, t. XII, nov. 1901.

76. Sarasin, Ch. et Schöndelmayer. Ch. Etude monographique des Ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-Saint-Denis, 1re partie. *Mém. de la Soc. pal. suisse*, t. XXVIII, 91 p. et 11 pl.

77. Sarasin, P. et F. Ueber die muthmassliche Ursache der Eiszeit. *Verh. der Naturf. Gesel. Basel*, t. XIII. fasc. 3, p. 603-618.

78. Schardt, H. Les blocs exotiques du massif de la Hornfluh. *Eclogæ. geol. Helv.*, t. VII, p. 196-198, et *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XXXVIII, p. 49-52.

79. Schardt, H. Mélanges géologiques sur le Jura neuchâtelois et les régions limitrophes, fasc. 1 et 2, extraits du *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXVIII et XXIX.

80. Schardt, H. Gisements anormaux près de la gare de la Chaux-de-Fonds. *C. R. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XII, p. 78.

81. Schardt, H. Sur quelques gisements de Gault dans le canton de Neuchâtel. *C. R. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XI, p. 517.

82. Schardt, H. Une poche hauterivienne dans le Valangien des Fahys près Neuchâtel. *Bulletin de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXVIII, p. 183-196, et *Archives*, t. XI. p. 524.

83. Schardt, H. Nouveau gisement d'Albien à la Coudre près Neuchâtel. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXIX, et *Mél. géol.*, fasc. 2.

84. Schardt, H. Calcaire d'eau douce tertiaire discordant sur l'Urgonien près de Gorgier. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXIX, *Mél. géol.*, fasc. 2, et *Archives*, t. XII, p. 184.

85. Schardt, H. Coupe de la mollasse aquitanienne de la colline de Marin. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXIX, *Mél. géol.*, fasc. 2, et *Archives*, t. XII, p. 184.

86. Schardt, H. Sur les dunes éoliennes et le terrain glaciaire des environs de Champion et d'Anet. *Bull. de la Soc. neuchât.*, t. XXIX, *Mél. géol.*, fasc. 2, et *Archives*, t. XII, p. 192.

87. Schardt, H. Sur un dépôt tuffacé dans la Combe des Fahys près Neuchâtel. *Bull. de la Soc. neuchât.*, t. XXIX, et *Mél. géol.*, fasc. 2.

88. Schardt, H. Composition de la tourbe et coupe de l'alluvion du vallon du Locle. *Bull. de la Soc. neuchât.*, t. XXIX, et *Mél. géol.*, fasc. 2.

89. Schardt, H. Un lambeau de recouvrement jurassique sur le Tertiaire près de Buttes. *Bull. de la Soc. neuchât.*, t. XXIX, et *Mél. géol.*, fasc. 2.

90. Schardt, H. Phénomènes de lamination glaciaire dans le Val de Travers et à la Chaux-de-Fonds. *Bull. de la Soc. neuchât.*, t. XXIX, et *Mél. géol.*, fasc. 2.

91. Schardt, H. et Dubois, A. Le Crétacique moyen du Val de Travers-Rochefort. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXVIII, p. 129, et *Archives*, t. XI, p. 125.

92. Schardt, H. et Sarasin, Ch. Revue géologique suisse pour l'année 1900. *Eclogæ geol. Helv.*, vol. VII, p. 5-102, et *Archives*, t. XII, août, septembre et octobre 1901.

93. Société géologique de France. Réunion extraordinaire tenue à Lausanne et dans le Chablais. *Bull. Soc. géol. de France*, nouvelle série, t. I, p. 677-722.

94. Strübin, K. Beiträge zur Kenntenis der Stratigraphie des Basler Tafeljura. *Inaugural Dissertation*. Basel, 1900.

95. Strübin, K. Neue Untersuchungen über Keuper und Lias bei Niederschönthal. *Verh. der Naturf. Gesel. Basel*, t. XIII, p. 586-602.

96. Strübin, K. Neue Aufschlüsse in den Keuper-Lias-Schichten von Niederschönthal. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 119-123.

97. Strübin, K. Ueber das Vorkommen von Lioceras concavum im nord-schweizerischen Jura. *Centralbl. für Min. Geol. u. Pal.*, 1901, p. 585-587.

98. Strübin. K. Ein Aufschluss der Opalinus-Murchisonæ-Schichten im basler Tafeljura. *Centralbl. für Min., Geol. und Pal.*, 1901, p. 327-333.

99. Studer. Th. Die præhistorischen Hunde in ihrer Beziehung zu den gegenwärtigen Hunderassen, *Mém. de la Soc. pal. suisse*, t. XXVIII, 137 p., 9 pl.

100. Tarnuzzer, Chr. Brief an Herrn Dr A. Rothpletz. *Centralbl. für Min. Geol. and Pal.*, 1901, p. 233.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1904

Le 1er, brouillard pendant tout le jour.
2, brouillard pendant tout le jour; givre.
3, brouillard le matin ; givre.
4, brouillard pendant tout le jour.
5, léger brouillard le matin.
6, brouillard depuis 10 h. du matin.
8, brouillard le matin; pluie depuis 9 h. du soir.
10, gelée blanche le matin.
12, neige sur les montagnes environnantes; fort vent à 4 h. du soir.
13, pluie à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir; fort vent pendant toute la journée.
14, pluie dans la nuit et à 4 h. du soir; très fort vent pendant toute la journée.
15, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin; très fort vent le matin.
16, fort vent le matin; quelques flocons de neige depuis 7 h. du soir.
17, légère chute de neige dans la nuit; forte bise à 4 h. du soir.
18, forte bise le matin jusqu'à 1 h. du soir; léger brouillard à 9 h. du soir.
19, légère chute de neige dans la nuit et à 10 h. du matin; hauteur 0cm,5; très forte bise depuis 4 h. du soir.
20, forte bise depuis 4 h. du soir.
22, très forte bise dans l'après-midi.
26, brouillard pendant tout le jour; léger givre le matin.
27, brouillard le matin.
28, brouillard pendant tout le jour; fort givre.
29, forte gelée blanche le matin.
30, pluie depuis 10 h. du soir.
31, pluie dans la nuit et depuis 4 h. du soir; légère gelée blanche le matin.

Hauteur totale de la neige : 0cm,5 tombés en 1 jour.

Remarque A partir du commencement de l'année 1904, les indications du nouveau baromètre normal (Fuess N° 1492/57) subissent une correction de + 0mm,21 afin de les rendre absolument comparables à celles du baromètre normal (Wild-Fuess 168) du Bureau météorologique central suisse à Zurich. Cette correction a été déterminée fin janvier par M. le Dr Maurer.

GENÈVE — JANVIER 1904

Jours du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	24.4	25.2	28.6	25.53	− 2.29	22.4	29.2	E. 1	SSE. 1	W. 0	calme	0.8	10	10	10	10	....	....	....
2	30.4	30.0	29.9	30.10	+ 2.26	29.8	30.8	S. 0	W. 1	S. 0	calme	1.7	10	10	10	10	....	....	....
3	28.4	26.6	26.2	27.45	− 0.41	25.9	29.3	E. 1	NE. 0	SE. 0	var.	2.5	10	10	10	10	....	....	....
4	25.7	24.8	23.3	24.81	− 3.06	22.9	26.0	SE. 1	SE. 0	S. 0	calme	2.5	10	10	10	10	....	....	....
5	23.3	23.9	27.4	24.47	− 3.42	23.0	27.3	E. 0	E. 0	E. 1	ESE. 1	4.2	10	10	10	10	....	....	....
6	29.5	30.9	33.3	30.86	+ 2.96	27.7	34.4	E. 1	SE. 0	S. 0	var.	3.8	10	10	10	10	....	....	....
7	33.6	33.1	33.4	33.48	+ 5.57	32.7	34.4	S. 1	E. 0	N. 1	var.	3.3	10	10	10	10	....	....	....
8	32.0	29.6	25.6	29.38	+ 1.47	25.2	33.2	E. 1	SE. 1	SSW. 1	SSW. 1	5.6	10	6	10	9	....	5.0	3
9	27.8	28.6	32.4	29.04	+ 1.12	26.2	33.2	SSW. 1	SW. 0	S. 0	var.	7.5	10	10	10	8	....	....	....
10	32.7	29.4	29.7	31.06	+ 3.14	29.2	33.2	S. 0	N. 1	N. 0	var.	2.5	1	7	4	6	4.3	....	....
11	29.5	28.9	28 8	29.12	+ 1.20	28.2	29.7	S. 0	SW. 1	S. 0	calme	0.8	10	10	10	10	....	....	....
12	27.1	26.5	27.5	27.37	− 0.55	26.4	28.4	S. 0	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	6.3	10	10	10	9	....	....	....
13	27.5	26.2	25.4	26.46	− 1.46	24.8	27.7	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 2	18.8	10	10	10	9	....	**6.3**	3
14	21.0	19.3	24.4	22.10	− 5.81	19.0	24.5	SSW. 2	SSW. 4	SSW. 2	SSW. 2	**23.1**	10	10	2	10	....	5.0	2
15	26.2	27.3	28.1	26.77	− 1.13	24.2	28.4	SSW. 2	SSW. 2	S. 0	SSW. 2	18.8	7	10	6	8	2.5	0.3	1
16	24.7	22.5	26.1	24.82	− 3.07	21.9	27.7	SW. 1	SSW. 2	SW. 1	SSW. 2	14.6	10	10	10	10	....	....	....
17	29.4	30.4	33.0	30.27	+ 2.39	27.2	32.8	E. 1	NE. 1	NNE. 1	var.	10.5	10	7	3	8	0.4	....	....
18	33.3	32.9	32.6	33.02	+ 5.15	32.3	33.9	NNE. 2	NNE. 2	SE. 0	NNE. 2	14.6	3	1	8	2	**5.7**	0.1	....
19	29.6	28.0	31.0	29.85	+ 2.00	27.9	31.6	E. 1	NE. 1	NNE. 4	NNE. 2	18.1	10	9	10	9	....	....	....
20	32.3	32.6	33.6	32.61	+ 4.78	31.2	33.7	NE. 1	NE 1	NNE. 2	NNE. 1	12.6	10	10	10	10	....	....	....
21	33.3	32.8	32.0	32.91	+ 5.10	32.1	33.5	E. 1	NE. 0	NE. 1	NNE. 1	6.3	10	10	10	10	....	....	....
22	33.5	34.3	36.2	34.45	+ 6.66	32.3	36.7	E. 0	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	11.2	10	10	10	10	....	....	....
23	36.9	36.5	36.0	**36.51**	+ **8.74**	35.4	**37.4**	NNE. 1	ENE. 1	NNE. 1	NNE. 1	11.2	10	10	10	10	...	....	...
24	34.1	32.6	31.9	33.16	+ 5.42	31.5	35.2	E. 0	NE. 1	NNE. 1	var.	7.9	10	10	10	10	..	....	....
25	30.7	29.7	31.9	30.60	+ 2.89	29.7	31.7	NE. 1	ENE. 1	E. 0	var.	4.6	10	10	10	10	....	....	....
26	31.2	31.4	33.2	31.79	+ 4.11	30.8	33.5	SE. 1	SE. 0	S. 0	var.	2.7	10	10	10	10	....	....	....
27	34.4	33.6	34.3	33.94	+ 6.29	33.5	34.6	E. 1	S. 0	E. 0	var.	3.3	10	10	0	5	....	....	....
28	33.5	32.3	32.5	32.90	+ 5 29	31.3	33.9	S. 1	SW. 1	W. 0	var.	3.3	10	10	10	10	....	....	....
29	33.1	33.1	32.5	32.89	+ 5.32	32.0	34.0	N. 1	N. 0	N. 0	var.	3.3	10	10	10	9	...	....	....
30	29.4	26.1	23.3	27.19	− 0.34	22.8	32.0	S. 0	N. 1	S. 0	var.	2.5	1	7	10	7	4.1	4.5	3
31	20.4	17.1	18.3	**19.37**	− **8.12**	**16.6**	22.8	S. 0	N. 1	W. 1	var.	4.6	0	9	10	8	....	5.8	**4**
Mois	29.63	28.88	29.72	29.49	+ 2.12							7.53	8.8	9.2	8.8	8.9	17.0	27.0	16

Jours du Mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre.
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	- 4.1	- 3.2	- 2.8	- 3.36	- 3.15	- 4.3	- 2.0	95	94	95	94	+ 8	90	97	....	.....	1520
2	- 2.2	- 2.4	- 2.4	- 2.54	- 2.30	- 3.6	- 1.7	96	99	98	**97**	+10	95	100	4.7	- 0.7	1532
3	- 3.8	- 1.8	- 3.6	- 2.96	- 2.70	- 4.1	- 1.5	100	96	95	**97**	+11	91	100	....	....	1520
4	- 3.4	- 0.5	- 0.4	- 1.77	- 1.49	- 4.6	+ 0.3	95	91	92	94	+ 8	91	96	4.2	- 1.2	1523
5	- 2.0	- 0.8	- 1.4	- 1.31	- 1.02	- 2.5	0.0	95	89	95	92	+ 5	88	96	3.9	- 1.4	1512
6	- 2.9	- 1.7	- 2.6	- 2.43	- 2.12	- 3.1	- 1.0	95	91	92	93	+ 7	87	95	4.6	- 0.7	1522
7	- 3.1	- 2.4	- 2.7	- 2.79	- 2.47	- 3.6	- 1.5	95	92	92	93	+ 7	87	95	3.7	- 1.5	1537
8	- 4.9	- 2.1	+ 5.0	- 1.16	- 0.84	- 5.2	+ 6.1	95	92	83	90	+ 4	78	95	4.4	- 0.8	1492
9	+ 4.6	+ 6.7	4.2	+ 4.91	+ 5.23	+ 2.3	7.5	84	67	67	74	-12	56	90	4.1	- 1.1	1512
10	- 1.4	3.7	+ 1.4	1.51	+ 1.83	- 2.0	4.4	95	70	86	83	- 3	70	99	....	.....	1509
11	- 0.6	1.3	- 0.2	0.17	+ 0.49	- 1.0	2.2	92	82	85	88	+ 2	82	95	5.2	+ 0.1	1492
12	- 1.1	6.8	+ 6.3	3.06	+ 3.37	- 1.4	8.0	95	63	80	80	- 6	57	95	4.7	- 0.4	1502
13	+ 6.4	8.9	8.7	7.68	+ 7.98	+ 6.0	10.0	68	63	70	**65**	**-21**	**51**	72	4.4	- 0.6	1443
14	10.6	11.1	5.0	**8.31**	+ **8.60**	4.4	**12.0**	66	55	78	70	-16	52	88	4.0	- 1.0	1442
15	4.7	5.9	4.3	4.75	+ 5.02	3.6	7.2	69	58	66	73	-13	58	80	5.4	+ 0.4	1457
16	+ 3.6	4.7	0.7	3.02	+ 3.27	+ 0.2	5.0	74	71	88	77	- 9	67	89	5.1	+ 0.2	1475
17	- 1.2	1.6	+ 0.1	+ 0.25	+ 0.48	- 1.6	1.7	92	70	89	87	+ 1	70	99	....	.. ..	1450
18	- 0.6	+ 0.9	- 3.4	- 0.85	- 0.65	- 5.7	1.3	93	76	82	85	- 1	71	95	4.2	- 0.7	1583
19	- 5.0	- 0.4	- 1.3	- 2.78	- 2.60	- 6.0	+ 0.4	90	84	84	88	+ 2	78	94	4.0	- 0.9	1445
20	- 2.1	- 1.2	- 1.5	- 1.56	- 1.42	- 2.9	- 0.5	92	69	84	84	- 2	69	92	3.8	- 1.1	1427
21	- 2.2	- 1.3	- 0.4	- 1.59	- 1.48	- 2.7	+ 0.3	95	75	81	88	+ 2	75	95	4.0	- 0.9	1462
22	- 1.3	+ 0.5	+ 0.3	- 0.43	- 0.36	- 1.8	1.3	90	79	79	82	- 4	71	90	3.7	- 1.1	1447
23	- 0.1	+ 0.2	- 0.7	- 0.14	- 0.11	- 0.9	0.8	91	81	88	84	- 2	69	91	3.8	- 1.0	1412
24	- 1.8	- 1.2	- 2.1	- 1.69	- 1.70	- 2.7	+ 0.9	95	80	87	90	+ 5	80	95	....	.....	1440
25	- 3.2	- 2.3	- 2.4	- 2.71	- 2.77	- 3.9	- 1.3	94	92	92	91	+ 6	89	94	3.4	- 1.4	1493
26	- 4.3	- 2.2	- 3.3	- 3.22	- 3.32	- 4.5	- 1.8	94	87	94	92	+ 7	87	95	3.7	- 1.1	1417
27	- 5.4	- 1.4	- 6.6	- 4.17	- 4.32	- 7.8	- 0.5	94	84	94	91	+ 6	84	94	3.4	- 1.4	1362
28	- 6.1	- 3.6	- 4.2	- **5.11**	- **5.32**	- **8.1**	- 2.5	95	95	95	95	+10	93	96	3.0	- 1.8	1340
29	+ 0.4	+ 4.5	+ 4.1	+ 1.70	+ 1.44	- 5.0	+ 6.5	92	87	92	90	+ 5	76	94	3.2	- 1.6	1362
30	- 1.2	4.6	2.3	2.30	+ 1.98	- 1.3	6.5	100	71	86	87	+ 2	71	100	3.8	- 1.0	1353
31	+ 0.5	+ 3.3	+ 1.8	+ 2.00	+ 1.62	+ 0.4	+ 4.5	99	90	96	94	+ 9	90	99	....	.....	1350
Mois	- 1.10	+ 1.17	+ 0.71	- 0.93	- 0.85	- 2.37	+ 2.34	91	80	87	87	+ 1			4.10	- 1.01	1462

MOYENNES DE GENÈVE. — JANVIER 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.58	28.58	28.77	29.06	28.10	28.02	28.75	29.09	28.62
2e »	28.45	28.18	28.07	28.31	27.46	27.75	28.70	28.99	28.24
3e »	32.28	32.11	31.84	32.04	30.86	30.50	30.82	30.97	31.43
Mois	29.85	29.70	29.63	29.89	28.88	28.81	29.47	29.72	29.49

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re déc.	— 1°.46	— 1°.95	— 2°.32	— 2°.04	— 0°.45	— 0°.23	— 0°.24	— 0°.83	— 1°.19
2e »	+ 1.47	+ 1.33	+ 1.47	+ 2.16	+ 3.96	+ 3.12	+ 2.47	+ 1.68	+ 2.21
3e »	— 1.96	— 1.95	— 2.25	— 1.58	+ 0.10	+ 0.07	— 0.64	— 1.29	— 1.19
Mois	— 0.69	— 0.89	— 1.10	— 0.52	+ 1.17	+ 0.96	+ 0.49	— 0.18	— 0.93

Fraction de saturation en %.

1re décade	93	94	95	93	88	86	88	91	91
2e »	85	86	83	80	69	76	75	84	80
3e »	91	93	95	91	84	85	88	90	89
Mois	90	91	91	88	80	82	84	88	87

Dans ce mois l'air a été calme 355 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{56}{62} = 0.90$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 68°.6 W.
Son intensité est égale à 9.98 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.....	729.41
Nébulosité	8.9
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+ 0°.26
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$..	+ 0°.37
Fraction de saturation.....	86 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875)	727.37
Nébulosité..	(1847-1875).	7.9
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	48mm.8
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne ...	(id.).	— 0°.08
Fraction de saturat.	(1849-1875).	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	40.0	32.6	27.5	31.0	37.0	29.5	29.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	25.7	27.0	22.7	—	19.0	27.3

Durée totale de l'insolation à Jussy : $24^h.3$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1904

Le 7 et le 8, fort vent dans l'après-midi.
9 et 10, neige.
13, 14, 15, 16 et 17, forte bise et chutes de neige.
19, neige.
24, très fort vent; grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 10 % à 11 h. du soir.
25, grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 1 % à 9 h. du soir.
26, grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 4 % à minuit.
27, grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 2 % à 11 h. du matin.
30 et 31, chutes de neige.

Remarque. Depuis le commencement de l'année 1904 les observations de la pression atmosphérique se font à un nouveau baromètre installé le 5 octobre 1903 à côté de l'ancien baromètre de Gourdon. C'est un baromètre à cuvette, à échelle réduite, en laiton, sortant des ateliers de M. Fuess et portant le N° 1570/100. Il est en tous points semblable au nouveau baromètre normal de l'observatoire de Genève. Sa correction par rapport à celui-ci est de $+ 0^{mm},54$ et par rapport au baromètre normal du Bureau météorologique central de Zurich elle est de $+ 0^{mm},75$. Cette dernière correction a été appliquée aux observations directes.

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1904

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	59.4	60.6	62.7	60.9	− 0.5	59.0	63.1	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	2	0	0	1	....	....
2	63.5	63.3	64.2	63.7	+ 2.4	63.0	64.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
3	63.7	62.3	61.6	62.5	+ 1.2	61.0	64.0	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	0	0	0	0	....	....
4	59.6	59.0	58.3	59.0	− 2.3	58.2	60.0	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	3	4	5	4	....	....
5	58.5	59.4	61.6	59.8	− 1.5	58.3	61.8	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	7	4	2	4	....	....
6	61.9	63.7	65.2	63.6	+ 2.4	61.5	65.3	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	0	1	0	0	....	....
7	65.7	63.7	66.3	65.2	+ 4.0	63.5	66.4	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	0	0	1	0	....	....
8	65.6	64.4	62.3	64.1	+ 2.9	62.0	65.8	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	0	4	8	4	1.3	2
9	61.4	62.1	64.1	62.5	+ 1.3	61.0	64.3	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	10	10	10	3.8	3
10	63.5	62.8	62.9	63.1	+ 1.9	62.6	63.7	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	4	8	4	5	....	....
11	62.5	62.3	62.6	62.5	+ 1.1	62.1	62.8	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	2	0	1	....	....
12	61.8	61.9	63.2	62.3	+ 1.2	61.5	63.5	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	2	7	4	4	....	....
13	63.2	63.3	62.9	63.1	+ 2.0	62.0	63.4	SW. 2	SW. 2	SW. 4	SW. 3	3	6	4	4	0.7	1
14	60.6	59.1	57.8	59.2	− 1.8	57.4	61.1	NE. 1	SW. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	**48.0**	**57**
15	58.1	59.0	60.9	59.3	− 1.7	58.0	61.0	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	12.7	17
16	58.7	56.7	55.6	57.0	− 4.0	55.0	59.0	NE. 1	SW. 1	NE. 4	NE. 2	10	10	10	10	7.5	6
17	58.2	58.8	60.5	59.2	− 1.7	58.0	60.7	NE. 2	NE. 3	NE. 3	NE. 3	10	10	4	8	3.0	25
18	61.0	61.2	61.7	61.3	+ 0.4	60.8	61.9	NE. 2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	10	0	0	3	....	....
19	58.9	58.0	61.2	59.4	− 1.5	57.9	61.5	NE. 2	NE. 2	SW. 1	NE. 2	10	10	0	7	2.9	35
20	62.4	62.8	63.5	62.9	+ 2.0	62.0	63.9	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	6	0	0	2	....	....
21	64.6	63.3	62.9	63.6	+ 2.8	62.7	64.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	4	0	1	....	....
22	64.8	66.4	67.7	66.3	+ 5.5	63.0	68.0	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	2	3	0	2	....	....
23	68.1	68.5	68.0	68.2	+ 7.4	67.5	68.8	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
24	67.0	66.9	66.4	66.8	+ 6.1	66.0	67.5	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	2	0	4	2	....	....
25	65.4	64.9	64.9	65.1	+ 4.4	64.5	65.8	SW. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	0	6	8	5	....	....
26	64.5	64.9	65.7	65.0	+ 4.4	64.2	65.9	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	1	0	0	....	....
27	65.2	66.7	67.9	66.9	+ 6.3	66.0	68.1	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	0	0	0	....	....
28	68.2	68.1	68.5	**68.3**	+ **7.7**	67.9	**68.9**	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
29	67.6	67.5	66.8	67.3	+ 6.8	66.0	67.9	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	7	3	4	5	....	....
30	65.0	62.8	60.3	62.7	+ 2.2	60.0	65.8	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	4	9	4	2.7	3
31	57.5	56.0	52.9	**55.5**	− **5.0**	**52.4**	58.8	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	7	8	10	8	11.5	9
Mois	62.81	62.59	62.94	62.78	+ 2.29							3.7	4.0	3.5	3.7	93.1	106

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1904

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 9.6	- 8.2	- 8.4	- 8.7	- 0.1	-11.3	- 8.0	85	83	64	77	50	92
2	- 7.5	- 7.5	- 9.0	- 8.0	+ 0.6	- 9.9	- 7.0	40	41	44	42	36	58
3	- 9.9	- 6.0	- 9.6	- 8.5	+ 0.2	-11.1	- 5.8	38	19	41	33	15	45
4	- 8.7	- 7.4	-10.0	- 8.7	0.0	-11.1	- 7.0	58	30	50	46	25	65
5	- 9.9	- 9.2	- 9.4	- 9.5	- 0.8	-11.2	- 8.1	90	75	78	81	67	82
6	-10.2	- 8.8	- 8.3	- 9.1	- 0.3	-11.1	- 8.5	73	72	57	67	51	83
7	- 7.7	- 7.5	-10.0	- 8.4	+ 0.4	-11.3	- 7.0	34	56	68	53	32	82
8	- 8.0	- 7.3	- 9.7	- 8.3	+ 0.5	-11.6	- 7.1	15	16	36	22	13	85
9	- 7.5	- 6.1	- 9.2	- 7.6	+ 1.2	- 9.8	- 5.9	90	90	90	**90**	85	**95**
10	-11.2	- 8.2	- 8.8	- 9.4	- 0.5	-12.2	- 8.0	89	78	86	84	75	91
11	-10.0	- 7.1	- 9.7	- 8.9	0.0	-10.0	- 5.9	81	55	65	67	50	85
12	- 6.7	- 4.6	- 6.6	- 6.0	+ 2.9	-10.0	- 4.2	46	34	75	52	30	80
13	- 3.6	+ 1.0	- 1.6	**- 1.4**	**+ 7.5**	- 8.9	**+ 1.4**	56	56	24	45	20	62
14	- 2.6	- 2.6	- 7.6	- 4.3	+ 4.7	- 8.0	- 1.8	46	53	86	62	40	92
15	- 9.8	-10.2	-11.8	-10.6	- 1.6	-12.2	- 7.8	85	71	82	79	66	89
16	-12.2	-10.0	-13.3	-11.8	- 2.8	-14.1	- 9.5	80	64	71	72	60	85
17	-16.8	-14.0	-16.8	-15.9	- 6.9	-18.0	-13.8	70	70	66	69	60	72
18	-18.3	-16.3	-16.0	**-16.9**	**- 7.9**	**-19.4**	-15.0	68	54	29	50	23	71
19	-14.6	-13.4	-15.6	-14.5	- 5.5	-16.8	-13.3	73	81	56	70	50	85
20	-12.2	-10.4	-10.6	-11.1	- 2.1	-15.9	-10.0	62	51	41	51	35	65
21	- 6.8	- 5.9	- 9.4	- 7.4	+ 1.6	-10.9	- 5.4	80	50	73	68	48	87
22	- 8.4	- 6.8	- 8.3	- 7.8	+ 1.3	-10.1	- 6.5	71	63	60	65	55	75
23	- 8.2	- 7.4	- 8.2	- 7.9	+ 1.2	- 9.8	- 7.0	45	41	29	38	25	50
24	- 8.2	- 6.8	- 8.1	- 7.7	+ 1.4	- 9.4	- 6.5	23	17	14	18	12	25
25	- 7.8	- 5.3	- 7.7	- 6.9	+ 2.2	- 9.1	- 5.0	9	3	1	**4**	**1**	14
26	-10.4	- 6.5	- 8.6	- 8.5	+ 0.6	-10.8	- 6.0	5	6	10	7	4	13
27	- 8.4	- 5.8	- 9.0	- 7.7	+ 1.4	- 9.3	- 5.8	4	3	14	7	3	18
28	- 9.0	- 5.6	- 7.4	- 7.3	+ 1.8	- 9.8	- 5.1	25	24	35	28	20	40
29	- 7.0	- 2.8	- 5.6	- 5.1	+ 4.0	- 8.7	- 2.1	36	35	50	40	30	60
30	- 8.8	- 6.0	- 9.4	- 8.1	+ 1.0	- 9.9	- 5.5	37	39	80	52	35	85
31	- 9.4	- 7.6	- 9.4	- 8.8	+ 0.3	-10.9	- 7.1	86	64	84	78	60	91
Mois	- 9.34	- 7.43	- 9.45	- 8.74	+ 0.30	-11.37	- 6.91	55	48	54	52		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	62.28	62.13	62.92	62.44	61	56	61	59
2e »	60.54	60.31	60.99	60.62	67	59	59	62
3e »	65.35	65.09	64.73	65.06	38	31	41	37
Mois	62.81	62.59	62.94	62.78	55	48	54	52

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 9.02	— 7.62	— 9.24	— 8.62	— 8.78
2e »	— 10.68	— 8.76	— 10.96	— 10.13	— 10.34
3e »	— 8.40	— 6 05	— 8.28	— 7.58	— 7.75
Mois	— 9.34	— 7.43	— 9.45	— 8.74	— 8.92

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{41}{112} = 0.37$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 76.3 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	37.0	42.9	36.0	94.1
Neige en centimètres....	8cm	16cm	15cm	106cm

RECHERCHES RÉCENTES

SUR

LA RADIOACTIVITÉ

PAR

P. CURIE[1]

Depuis la découverte des substances radioactives, les recherches sur la radioactivité ont pris un très grand développement. Je me propose dans cet article de donner un résumé de l'état actuel de nos connaissances relatives à ce sujet, en insistant particulièrement sur les résultats des travaux les plus récents[2].

I. — SUBSTANCES RADIOACTIVES

Rayons de Becquerel. Uranium et thorium.

Nous appellerons *radioactives* les substances capables d'émettre spontanément et d'une façon continue certains rayons dits *Rayons de Becquerel*. Ces rayons agissent sur les plaques photographiques ; ils rendent

[1] Extrait du *Journal de Chimie Physique*. Tous droits réservés.

[2] Pour détails plus complets sur les travaux antérieurs à mai 1903, voir la thèse de Mme Curie (Paris, Gauthier-Villars, juin 1903); et *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXX, p. 99 et 145.

les gaz qu'ils traversent conducteurs de l'électricité ; ils sont capables de traverser le papier noir et les métaux. Les rayons de Becquerel ne se réfléchissent pas, ne se réfractent pas, ne se polarisent pas.

C'est M. Becquerel qui a découvert en 1896 que *l'uranium* et ses composés émettent d'une façon continue ces nouveaux rayons. M. Schmidt et Mme Curie ont ensuite trouvé à peu près simultanément que les composés du *thorium* sont aussi radioactifs. L'intensité des radiations émises par les composés du thorium est analogue à celle des radiations émises par les composés d'uranium. La radioactivité est une propriété atomique qui accompagne les atomes d'uranium et de thorium partout où ils se trouvent ; dans un corps composé ou un mélange elle est, en général, d'autant plus grande que la proportion de ces deux métaux y est elle-même plus forte.

Nouvelles substances radioactives.

Mme Curie a recherché en 1898 si parmi les corps simples alors connus il y en avait d'autres doués de propriétés radioactives ; elle n'a pu trouver aucune substance donnant un rayonnement notable, et elle a pu conclure que les propriétés radioactives des corps simples sont au moins 100 fois plus faibles que celles de l'uranium et du thorium. Elle a trouvé, au contraire, que certains minéraux contenant de l'uranium (la pechblende, la chalcolite, la carnotite) sont *plus actifs* que l'uranium métallique ; l'activité de ces minéraux ne pouvait donc être attribuée ni uniquement à l'uranium, ni aux autres corps simples connus. Cette dé-

couverte a été fertile en résultats nouveaux. Nous avons établi, Mme Curie et moi, dans un travail fait en commun, que la pechblende renferme des substances radioactives nouvelles, et nous avons supposé que ces substances contiennent des éléments chimiques nouveaux.

On connaît actuellement avec certitude trois substances nouvelles fortement radioactives; le *polonium* qui se trouve dans le bismuth que l'on extrait des minerais d'urane, le *radium* [1] qui se trouve dans le baryum de même provenance, et l'*actinium* qui a été trouvé par M. Debierne dans les terres rares retirées du même minerai. Toutes ces trois substances se trouvent dans les minerais d'urane en quantité infinitésimale, et toutes les trois possèdent une radioactivité environ un million de fois plus grande que celle de l'uranium et du thorium.

Récemment M. Giesel et M. Hoffmann ont signalé la présence dans les minerais d'urane d'une quatrième substance fortement radioactive qui aurait des propriétés chimiques analogues à celles du plomb ; d'après les publications qui ont paru jusqu'ici je n'ai pu me faire une opinion sur la nature de cette substance.

On peut se demander si la radioactivité est une propriété générale de la matière. Cette question ne peut actuellement être considérée comme résolue. Les recherches de Mme Curie ont prouvé que les diverses substances connues ne possèdent pas de radioactivité atomique qui atteigne le centième de la radioactivité de l'uranium et du thorium. — D'autre part, certaines réactions chimiques peuvent donner naissance à la

[1] Découvert par M. et Mme Curie et M. Bémont.

création d'ions conducteurs de l'électricité sans que la substance active présente le caractère de radioactivité atomique. C'est ainsi que le phosphore blanc en s'oxydant rend l'air qui l'entoure conducteur de l'électricité, tandis que le phosphore rouge et les phosphates ne se montrent nullement radioactifs.

Des expériences déjà anciennes (Russel, Colson, Lengyel) montrent que certains corps agissent à la longue sur les plaques photographiques. Il est possible qu'une partie de ces phénomènes soit due à la radioactivité, mais on n'a à ce sujet aucune certitude. Des travaux récents (Mac Lennan et Burton, Strutt, Lester Cooke) conduiraient pourtant à supposer que la radioactivité appartient à toutes les substances à un degré extrêmement faible. L'identité de ces phénomènes très faibles avec les phénomènes de la radioactivité atomique ne peut encore être considérée comme certaine.

Radium. De toutes les substances fortement radioactives le radium est la seule pour laquelle on ait réussi à prouver qu'elle constitue un élément nouveau. Le radium possède un spectre caractéristique dont la découverte et la première étude sont dues à Demarçay, et qui a été étudié depuis par MM. Runge et Precht et Crookes. Le radium est un élément qui vient se placer dans la série des métaux alcalinoterreux à la suite du baryum ; son poids atomique déterminé par Mme Curie est égal à 225.

Le radium a été retiré jusqu'à présent d'un résidu de la fabrication qui a pour but d'extraire l'urane de son minerai (la pechblende). Ce résidu contient par tonne 2 à 3 décigrammes de radium. On commence par extraire d'une tonne de résidu 10 à 15 kilogram-

mes de sel de baryum radifère, d'où l'on retire ensuite le sel de radium par des cristallisations fractionnées (avec le chlorure et le bromure), les cristaux qui se déposent dans une solution étant plus riches en radium que le sel qui reste dans la liqueur.

On peut mesurer l'activité radiante d'un sel de radium à diverses époques à partir du moment où l'on a fait cristalliser le sel et où on l'a séché à l'étuve. On constate que l'activité a une certaine valeur initiale, puis elle augmente en fonction du temps, d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement; elle tend asymptotiquement vers une valeur limite qui est environ cinq fois plus forte que l'activité initiale. L'activité reste ensuite invariable pendant des années, si on laisse le sel dans un état invariable.

Polonium et Actinium.

Le polonium est, au contraire, un corps qui perd lentement sa radioactivité à partir du moment où il a été séparé du minerai d'urane qui le contenait. Après quelques années la radioactivité du polonium a presque complètement disparu. Le polonium se comporte donc comme un corps instable. On n'a pas encore pu démontrer que le polonium est un élément nouveau, distinct du bismuth ordinaire.

On peut concentrer le polonium par fractionnement en précipitant par l'eau le sousnitrate de bismuth à polonium, en solution acide; la partie précipitée est la plus active. On peut aussi faire une précipitation partielle d'une solution chlorhydrique très acide par l'hydrogène sulfuré; le polonium se concentre dans les

sulfures précipités. Ces procédés de fractionnement sont pénibles, parce que les produits précipités ne se redissolvent que dificilement. M. Marckwald concentre l'activité en plongeant une baguette de bismuth dans une solution de bismuth à polonium ; une couche de métal extrêmement actif se dépose sur la baguette.

La concentration de l'actinium est encore plus pénible que celle du polonium. Les sels solides renfermant de l'actinium, possèdent une radioactivité qui reste complètement invariable dans l'espace de plusieurs années.

— RAYONNEMENT DES CORPS RADIOACTIFS

Comlpexité du rayonnement.

Le radium est le corps radioactif dont le rayonnement a été étudié le plus complètement. On sait aujourd'hui que le radium émet un ensemble de rayons de nature différente qui peuvent être compris dans trois groupes. Suivant la notation adoptée par M. Rutherford, je désignerai ces trois groupes de rayons par les lettres α, β, γ.

L'action du champ magnétique permet de les distinguer. Dans un champ magnétique intense, les rayons α sont légèrement déviés de leur trajet rectiligne, et la déviation se fait de la même manière que pour les « rayons canaux » de M. Goldstein dans les tubes à vide ; au contraire les rayons β sont déviés comme les rayons cathodiques, et les rayons γ ne sont pas déviés et se comportent comme les rayons de Rœntgen.

Rayons β.

Les rayons β du radium, analogues aux rayons cathodiques, forment un groupe hétérogène; ils se distinguent les uns des autres par leur pouvoir pénétrant et par la déviation qu'ils éprouvent dans un champ magnétique.

Certains rayons β sont absorbés par une lame d'aluminium de quelques centièmes de millimètre d'épaisseur, tandis que d'autres traversent en se diffusant plusieurs millimètres de plomb.

Supposons que l'on ait réalisé un faisceau rectiligne de rayons de Becquerel au moyen d'une parcelle de sel de radium et d'un écran percé d'un trou. Si on fait naître un champ magnétique uniforme normal à la direction du faisceau, les rayons β s'incurvent et décrivent des trajectoires circulaires dans un plan normal à la direction du champ magnétique. Les rayons des circonférences décrites varient dans des limites étendues. M. Becquerel a montré que les rayons les plus pénétrants sont ceux qui sont le moins déviés et qui, par conséquent, décrivent des circonférences dont le rayon de courbure est le plus grand. En recevant le faisceau des rayons β dévié par le champ magnétique sur une plaque photographique, on obtient sur celle-ci une impression qui constitue un véritable spectre dans lequel les divers rayons β manifestent leur action séparément.

On peut supposer que les rayons β sont constitués par des projectiles (électrons), chargés d'électricité négative et lancés à partir du radium avec une grande

vitesse. Soit alors m la masse d'un projectile, e sa charge, v sa vitesse initiale, ρ le rayon de courbure de la trajectoire, H l'intensité du champ magnétique (supposé normal à la direction de la vitesse initiale), μ la perméabilité magnétique du milieu. On aura la relation facile à établir

$$(1) \qquad \mu H \rho = \frac{mv}{e}$$

Les rayons β sont aussi déviés dans un champ électrique. Supposons que l'on ait réalisé un faisceau rectiligne de ces rayons. Si l'on crée un champ électrique uniforme normal à la direction initiale du faisceau, les rayons sont déviés en sens inverse de la direction du champ, et décrivent des trajectoires paraboliques. On peut réaliser l'expérience en faisant passer le faisceau de rayons entre deux plateaux métalliques parallèles. entre lesquels on établit une différence de potentiel. La déviation est faible avec les moyens dont on dispose, et il convient d'opérer dans le vide. L'air est, en effet, rendu conducteur par les rayons ; si donc on opère dans l'air, l'isolement est imparfait, et il est difficile de maintenir entre les plateaux une différence de potentiel constante et élevée. Les rayons β les plus pénétrants sont les moins déviés.

L'action du champ électrique est en accord avec l'hypothèse balistique précédemment énoncée. Plaçons-nous dans cette hypothèse, et supposons qu'un champ électrique uniforme d'intensité h et de largeur L agisse sur le projectile chargé, dont la vitesse initiale est normale au champ. La déviation y de l'extrémité de la

trajectoire à la sortie du champ est donnée par la formule (2) en admettant que la déviation soit faible.

$$(2) \qquad \frac{hL^2}{2y} = \frac{mv^2}{e}$$

Des équations (1) et (2) on peut tirer d'une part la vitesse v des projectiles, d'autre part le rapport $\frac{e}{m}$ de la charge électrique à la masse correspondante.

Les expériences de M. Becquerel ont montré que pour les rayons β les plus intenses le rapport $\frac{e}{m}$ est voisin de 10^7 unités électromagnétiques, et v a une valeur de $1.6 \times 10^{10} \frac{cm.}{sec.}$ Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que pour les rayons cathodiques.

M. Kaufmann a fait des expériences précises sur le même sujet. Ce physicien a soumis un faisceau très étroit de rayons du radium à l'action simultanée d'un champ magnétique et d'un champ électrique, les deux champs étant uniformes et ayant une même direction normale à la direction primitive du faisceau. Le faisceau est reçu sur une plaque photographique placée normalement à sa direction primitive. En l'absence des deux champs l'impression sur la plaque est une petite tache circulaire que nous assimilerons à un point. Quand le champ magnétique agit seul, les divers rayons β qui sont inégalement déviés, mais restent dans un plan normal au champ produisent sur la plaque une impression en forme de ligne droite. Quand le champ électrique agit seul, les divers rayons β sont inégalement déviés dans un même plan passant par le champ et produisent sur la plaque une impression rectiligne nor-

male à celle obtenue précédemment. Quand les deux champs agissent simultanément, l'impression sur la plaque est une courbe. Chaque point de la courbe correspond à une espèce différente de rayons β. En prenant comme axes coordonnés sur la plaque photographique les lignes droites obtenues quand chacun des champs agit seul, les coordonnées de chaque point de la courbe représentent les déviations électrique et magnétique relatives à une même espèce de rayons.

Voici les nombres obtenus pour v et $\frac{e}{m}$ par M. Kaufmann, dont les mesures sont relatives surtout aux rayons les plus pénétrants du radium. J'indique, à titre de comparaison, les valeurs obtenues par M. Simon pour les rayons cathodiques.

$\frac{e}{m}$ en unités électromagnétiques	$v \frac{cm}{sec.}$	
1.865×10^7	0.7×10^{10}	pour les rayons cathodiques (Simon)
1.31×10^7	2.36×10^{10}	pour les rayons du radium (Kaufmann)
1.17 »	2,48 »	
0.97 »	2,59 »	
0.77 »	2.72 »	
0.63 »	2.83 »	

On voit que certains rayons β ont une vitesse voisine de celle de la lumière. On comprend que des projectiles animés d'une telle vitesse peuvent, s'ils sont très petits, avoir un pouvoir pénétrant très grand vis-à-vis de la matière.

Le rapport $\frac{e}{m}$ semble être le même pour les rayons β du radium les moins pénétrants et pour les rayons cathodiques. Mais ce rapport va en diminuant à mesure

que la vitesse des rayons augmente. MM. J.-J. Thomson et Townsend pensent que les électrons chargés en mouvement possèdent une charge qui est la même pour chacun d'eux et qui est égale à celle transportée par un atome d'hydrogène dans l'électrolyse d'une solution. S'il en est ainsi, il faut admettre que la masse des projectiles augmente en même temps que leur vitesse, quand celle-ci se rapproche de celle de la lumière.

Dans le cas de l'électrolyse le rapport $\frac{e}{m}$ est égal à 9650, tandis que ce même rapport est égal à 1.865×10^7 pour les rayons cathodiques et pour les rayons β peu pénétrants. Si on admet que la charge e est la même dans les deux cas, on en déduit que la masse d'un électron est environ 2000 fois plus petite que celle d'un atome d'hydrogène.

Des considérations théoriques conduisent à concevoir que l'inertie de la particule est précisément due à son état de charge en mouvement, la vitesse d'une charge électrique en mouvement ne pouvant être modifiée sans dépense d'énergie. Autrement dit, la masse de la particule chargée est, au moins en partie, une masse apparente ou masse électromagnétique. M. Abraham a donné une formule permettant de calculer la masse électromagnétique d'une particule chargée en fonction de sa vitesse. D'après cette formule, la masse due aux réactions électromagnétiques est constante pour des vitesses faibles, cette masse augmente ensuite avec la vitesse et tend vers l'infini pour des vitesses qui tendent vers celle de la lumière. Les expériences de M. Kaufmann sont en accord avec cette théorie et conduisent de plus à admettre que la masse d'un électron

est entièrement de nature électromagnétique. Ces résultats ont une grande importance théorique ; ils permettent de prévoir la possibilité d'établir les bases de la mécanique sur la dynamique de petits centres matériels chargés en état de mouvement.

Rayons α.

Les rayons α du radium sont très peu pénétrants; une lame d'aluminium de quelques centièmes de millimètres d'épaisseur les absorbe presque complètement. Ils sont aussi absorbés par l'air, et ne peuvent pénétrer dans l'air à la pression atmosphérique à une distance supérieure à 10 centimètres. Les rayons α forment la partie la plus importante du rayonnement du radium, si l'on convient de mesurer le rayonnement par la grandeur de l'ionisation qu'il produit dans l'air.

Les rayons α sont très peu déviés par les champs électriques et magnétiques les plus intenses, et on les a d'abord considérés comme étant des rayons non déviables sous cette action. Cependant, indépendamment de l'action du champ magnétique, les lois de l'absorption des rayons α par des écrans superposés permettaient déjà d'en faire un groupe à part et de les distinguer nettement des rayons Rœntgen. En traversant des écrans successifs, les rayons α deviennent en effet de moins en moins pénétrants, tandis que dans les mêmes conditions le pouvoir pénétrant des rayons de Rœntgen va en augmentant. Il semble que l'on puisse assimiler un rayon α à un projectile dont l'énergie diminue à la traversée de chaque écran. Un écran donné absorbe aussi beaucoup plus fortement les rayons α

quand il est placé loin du radium que quand il est placé tout contre le radium.

M. Strutt a fait la supposition que les rayons α sont analogues aux « rayons canaux » des tubes à vide. M. Rutherford a réussi à mettre en évidence l'action du champ magnétique sur les rayons α du radium et à faire une première mesure de la déviation. M. Becquerel a confirmé les résultats obtenus par M. Rutherford et a donné une nouvelle mesure du phénomène. M. des Coudres a fait une mesure de la déviation électrique et de la déviation magnétique des rayons α en opérant dans le vide.

Il résulte de ces recherches que les rayons α se comportent comme des projectiles animés d'une grande vitesse et chargés d'électricité positive. La déviation dans un champ magnétique et dans un champ électrique se fait en sens inverse de celle qui aurait lieu pour les rayons cathodiques.

Les rayons α forment un groupe qui semble homogène, ils sont tous déviés de la même façon par le champ magnétique et ne donnent pas alors un spectre étalé comme les rayons β. Les formules (1) et (2) pages 248 et 249 sont encore applicables. D'après les mesures de des Coudres faites dans le vide, on trouve ;

$$V = 1.65 \times 10^9 \qquad \frac{e}{m} = 6400.$$

On voit que la vitesse des projectiles est 20 fois plus faible que celle de la lumière. Si l'on admet que la charge d'un projectile est la même que celle d'un atome d'hydrogène, dans l'électrolyse, on trouve que sa masse est de l'ordre de grandeur de celle d'un atome d'hydrogène (le rapport $\frac{e}{m}$ est égal à 9650, pour

l'hydrogène dans l'électrolyse). On conçoit que ces projectiles plus gros que les électrons et animés d'une vitesse moindre que celle des électrons, aient aussi un pouvoir de pénétration bien moindre.

D'après les expériences de M. Becquerel, la courbure de la trajectoire des rayons α qui se propagent dans un champ magnétique uniforme, n'est pas constante, lorsque la propagation a lieu dans l'air à la pression atmosphérique. Tout d'abord cette courbure est la même que celle obtenue dans le vide, mais elle devient de moins en moins grande à mesure que le rayon s'éloigne de la source. On peut expliquer ce phénomène en admettant que de nouvelles particules viennent se fixer sur les projectiles qui constituent les rayons, pendant que ceux-ci accomplissent leur trajet dans l'air. Cette hypothèse rendrait compte du fait que le pouvoir absorbant d'un écran pour les rayons α augmente, quand on éloigne l'écran de la source radiante.

Les rayons α sont ceux qui sont actifs dans la très belle expérience réalisée dans le *spinthariscope* de M. Crookes. Dans cet appareil, un fragment très petit d'un sel de radium (une fraction de milligramme) est maintenu par un fil métallique à une faible distance ($^1/_2$ millimètre) d'un écran au sulfure de zinc phosphorescent. En examinant dans l'obscurité avec une loupe la face de l'écran qui est tournée vers le radium, on aperçoit des points lumineux parsemés sur l'écran et faisant songer à un ciel étoilé ; ces points lumineux apparaissent et disparaissent continuellement. Dans la théorie balistique, on peut imaginer que chaque point lumineux qui apparaît et disparaît résulte du choc d'un

projectile. On aurait affaire pour la première fois à un phénomène permettant de distinguer l'action individuelle d'un atome.

Rayons γ.

Les rayons γ du radium sont entièrement comparables aux rayons de Rœntgen. Ils ne semblent former qu'une bien faible partie du rayonnement total. Il existe des rayons γ ayant un pouvoir de pénétration extraordinaire, et ces rayons se diffusent très peu en traversant la plupart des corps.

Diffusion des rayons du radium.

Soit un faisceau de rayons de Becquerel issu du radium et délimité par des fentes taillées dans des écrans en plomb. Si le faisceau rencontre un écran mince, les rayons α sont absorbés, les rayons β sont diffusés dans tous les sens, les rayons γ traversent partiellement l'écran à l'état de faisceau bien défini aux bords nets; les rayons γ peuvent ainsi traverser un prisme de verre épais sans que le faisceau cesse d'être rectiligne et bien limité. On s'est demandé si les rayons β sont toujours complètement diffusés en traversant un écran solide. Les expériences de M. Becquerel montrent qu'un faisceau de rayons β peut se propager à l'état bien défini dans la paraffine. M. Becquerel se sert de l'action des rayons β sur les plaques photographiques pour étudier sur une plaque la trace du trajet des rayons β dispersés par le champ magnétique. On voit sur les clichés que les rayons les plus pénétrants traversent sans se diffuser notablement 7 ou 8 millimètres de paraffine, tandis que

les rayons les moins pénétrants sont complètement diffusés après un trajet de 2 millimètres. Le champ magnétique dévie les rayons β dans la paraffine comme dans l'air.

Conductibilité des liquides diélectriques sous l'action des rayons du radium.

Les liquides diélectriques deviennent légèrement conducteurs sous l'action des rayons du radium. On peut constater ce phénomène avec l'éther de pétrole, l'huile de vaseline, la benzine, l'amylène, le sulfure de carbone, l'air liquide.

Rayonnement des autres corps radioactifs.

Le *polonium* n'émet que des rayons très peu pénétrants qui semblent identiques avec les rayons α du radium. Ils possèdent à peu près le même pouvoir pénétrant et sont déviés de la même façon par le champ magnétique; enfin, avec les rayons α du polonium on peut faire l'expérience du spinthariscope. Le polonium fournit donc une source de rayons α exempts des autres espèces de rayons, ce qui est précieux dans certaines études. Mais la source s'épuise, et au bout de quelques années le polonium séparé du minerai qui le contenait a perdu son activité.

Le *thorium*, l'*uranium*, l'*actinium* semblent émettre des rayons α et β; on a pu vérifier la déviabilité des rayons β.

Charge électrique des rayons du radium.

D'après la théorie balistique, les rayons α doivent transporter des charges électriques positives et les rayons β des charges électriques négatives. Nous avons montré, Mme Curie et moi, que, conformément à cette théorie, les rayons β du radium chargent négativement les corps qui les absorbent. Pour le montrer, on utilise une plaque de plomb en relation avec un électromètre. La plaque de plomb est entièrement recouverte d'une couche de paraffine qui est elle-même entourée d'une enveloppe d'aluminium mince reliée à la terre. Le radium, situé dans une petite cuve à l'extérieur, envoie ses rayons sur la plaque de plomb ainsi protégée. Les rayons α sont arrêtés par l'enveloppe extérieure d'aluminium ; une partie des rayons β traverse l'aluminium et la paraffine et se trouve absorbée par le plomb qui se charge négativement. La paraffine est nécessaire pour obtenir un isolement suffisant de la lame de plomb qui ne pourrait se charger si elle était entourée d'air rendu conducteur par les rayons de Becquerel.

Nous avons aussi montré qu'un sel de radium se charge positivement lorsqu'il est enveloppé d'une couche isolante et qu'il émet à l'extérieur des rayons β, tandis que les rayons α ne peuvent s'échapper.

Une ampoule de verre scellée et contenant un sel de radium se charge spontanément d'électricité comme un bouteille de Leyde. Si au bout d'un temps suffisant on fait avec un couteau à verre un trait sur les parois de l'ampoule, il part une étincelle qui perce le verre en un point où la paroi a été amincie sous le couteau ; en

même temps, l'opérateur éprouve une petite secousse dans les doigts par suite du passage de la décharge.

Phosphorescence sous l'action des rayons Becquerel. Lumière émise par les sels de radium. Coloration des corps par l'action des rayons.

Le rayonnement du radium provoque la phosphorescence d'un grand nombre de corps : sels alcalins et alcalinoterreux, sulfate d'uranyle et de potassium, matières organiques, coton, papier, sulfate de cinchonine, peau, verre, quartz, etc. Les corps les plus sensibles sont le platinocyanure de baryum, la willémite (silicate de zinc), le sulfure de zinc de Sidot, le diamant. Avec les rayons β pénétrants, la willémite et le platinocyanure sont les corps les plus sensibles, tandis qu'avec les rayons α on a avantage à employer le sulfure de zinc phosphorescent.

Les substances phosphorescentes sont altérées par l'action prolongée des rayons du radium ; elles deviennent alors moins excitables et sont moins lumineuses sous l'action des rayons. En même temps ces corps changent de teinte et se colorent. Le verre se colore en violet et en noir ou en brun ; les sels alcalins se colorent en jaune, en vert ou en bleu ; le quartz transparent devient du quartz enfumé ; la topaze incolore devient jaune orangé, etc. Le verre coloré par le radium est *thermoluminescent ;* en le chauffant vers 500° on le voit émettre de la lumière ; en même temps, il se décolore et revient à son état primitif ; il est alors susceptible d'être coloré à nouveau par l'action des rayons du radium.

Les sels de radium sont spontanément lumineux. On peut admettre qu'ils se rendent eux-mêmes phosphorescents par l'action des rayons de Becquerel qu'ils émettent. Le chlorure et le bromure de radium anhydres sont les sels qui donnent la luminosité la plus intense. On peut en obtenir d'assez lumineux pour que la lumière puisse se voir en plein jour. La lumière émise par les sels de radium rappelle comme teinte celle du ver luisant (lampyre). La luminosité des sels de radium diminue avec le temps sans jamais disparaître complètement, et en même temps les sels d'abord incolores se colorent en gris, en jaune ou en violet.

Effets physiologiques des rayons du radium.

Les rayons du radium provoquent diverses actions physiologiques.

Un sel de radium situé dans une boîte opaque en carton on en métal agit cependant sur l'œil et produit une sensation de lumière. Pour obtenir ce résultat, on peut placer la boîte contenant le radium devant l'œil fermé ou contre la tempe. Dans ces expériences, les milieux de l'œil deviennent lumineux par phosphorescence sous l'influence des rayons du radium, et la lumière que l'on aperçoit à sa source dans l'œil lui-même.

Les rayons du radium agissent sur l'épiderme. Si l'on garde pendant quelques minutes une ampoule contenant du radium sur la peau on n'éprouve aucune sensation particulière ; mais, quinze à vingt jours après, il se produit sur la peau une rougeur, puis une escharre, dans la région où l'on avait appliqué l'am-

poule. Si l'action des rayons a été assez longue, il se forme ensuite une plaie qui peut mettre plusieurs mois à guérir. L'action des rayons du radium sur l'épiderme est analogue à celle produite par les rayons de Rœntgen. On essaie actuellement d'utiliser cette action dans le traitement des lupus et des cancers.

Les rayons du radium agissent encore sur les centres nerveux et déterminent alors des paralysies et la mort (Danysz). Ils semblent aussi agir d'une façon particulièrement intense sur les tissus vivants en voie d'évolution (Bohn),

Emploi du radium dans l'étude de l'électricité atmosphérique.

Les rayons du radium ont été utilisés dans l'étude de l'électricité atmosphérique (Paulsen, Witkowski, Moureaux). Une petite quantité d'un sel de radium fixé à l'extrémité d'une tige métallique constitue une prise de contact pour le potentiel. On évite par ce dispositif très simple l'usage des flammes ou des appareils à goutte d'eau pour la mesure du potentiel en un point de l'atmosphère.

III. — CHALEUR DÉGAGÉE PAR LES SELS DE RADIUM.

Les sels de radium dégagent continuellement de la chaleur. Ce dégagement est assez fort pour qu'on puisse le montrer par une expérience grossière, faite à l'aide de deux thermomètres à mercure ordinaires. On utilise deux vases isolateurs thermiques à vide identiques entre eux. Dans l'un de ces vases on place une

ampoule de verre contenant 7 décigrammes de bromure de radium pur, dans le deuxième vase on place une ampoule de verre qui contient une substance inactive quelconque, par exemple du chlorure de baryum. La température de chaque enceinte est indiquée par un thermomètre dont le réservoir est placé au voisinage immédiat de l'ampoule. L'ouverture des isolateurs est fermée par du coton. Dans ces conditions, le thermomètre qui se trouve dans le même vase que le radium indique constamment une température supérieure de 3° à celle indiquée par l'autre thermomètre.

On peut évaluer la quantité de chaleur dégagée par le radium à l'aide du calorimètre à glace de Bunsen. En plaçant dans le calorimètre une ampoule de verre qui contient le sel de radium, on constate un apport continu de chaleur qui s'arrête dès que l'on éloigne le radium. La mesure faite avec un sel de radium préparé depuis longtemps montre que chaque gramme de radium dégage 80 petites calories pendant chaque heure. Le radium dégage donc pendant chaque heure une quantité de chaleur suffisante pour fondre son poids de glace. Cependant le sel de radium utilisé semble rester dans le même état, et du reste aucune réaction chimique ordinaire ne pourrait être invoquée pour expliquer un pareil dégagement continu de chaleur.

On constate encore qu'un sel de radium qui vient d'être préparé dégage une quantité de chaleur relativement faible. La chaleur dégagée en un temps donné augmente ensuite continuellement et tend vers une valeur déterminée qui n'est pas encore tout à fait atteinte au bout d'un mois.

Quand on dissout dans l'eau un sel de radium et que

l'on enferme la solution dans un tube scellé, la quantité de chaleur dégagée par la solution est d'abord faible; elle augmente ensuite et tend à devenir constante au bout d'un mois, Quand l'état limite est atteint, le sel de radium enfermé en tube scellé dégage la même quantité de chaleur à l'état solide et à l'état de dissolution.

On peut encore évaluer la chaleur dégagée par le radium à diverses températures en l'utilisant pour faire bouillir un gaz liquéfié et en mesurant le volume du gaz qui se dégage. On peut faire l'expérience avec le chlorure de méthyle (— 21°).

L'expérience a été faite aussi par M. le professeur Dewar et par moi avec l'oxygène liquide à (— 180°) et l'hydrogène liquide (— 252°). Ce dernier corps convient particulièrement bien pour réaliser l'expérience : un tube A (fig. 1), fermé à la partie inférieure et entouré d'un isolateur à vide de Dewar, contient un peu d'hydrogène liquide H; un tube de dégagement *tt* permet de recueillir le gaz dans une éprouvette graduée remplie d'eau. Le tube A et son isolateur plongent tous deux dans un bain d'hydrogène liquide H'. Dans ces conditions, aucun dégagement gazeux ne se produit dans le tube A. Lorsqu'on place une ampoule *a* contenant 7 décigrammes de bromure de radium dans l'hydrogène du tube A, il se fait un dégagement continu de gaz hydrogène, et l'on recueille 73 centimètres cubes de gaz par minute. (Le bromure de radium était préparé depuis dix jours seulement.) (*A suivre.*)

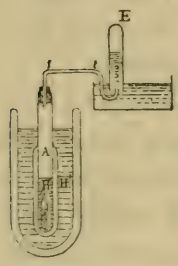


Fig. 1.

SUR LA

RÉFRACTION DE LA TOURMALINE

PAR

Ch. SORET

I

On sait que les tourmalines sont généralement considérées comme des cristaux uniaxes négatifs, transmettant par conséquent un rayon ordinaire dont l'indice de réfraction a une valeur constante n_g dans toutes les directions ; et un rayon extraordinaire dont l'indice varie, et prend dans la direction de l'axe la valeur n_g, et dans les directions perpendiculaires à l'axe la valeur $n_p < n_g$.

La composition chimique du mélange isomorphe qui constitue la tourmaline varie d'un échantillon à l'autre, et même d'un point à l'autre d'un même cristal. Il en est de même des valeurs des deux indices principaux n_g et n_p. Les chiffres extrêmes cités par M. Wülfing[1] sont $n_g = 1.6315$, $n_p = 1.6123$ pour une tourmaline du St-Gothard, et $n_g = 1.6854$, $n_p = 1.6515$ pour

[1] Wülfing, Ueber einige krystallographische Konstanten des Turmalins. *Programm Hohenheim*, Stuttgart, 1900, p. 80. — Voir aussi : Dufet, Recueil de données numériques, publié par la *Société française de Physique;* Optique. Paris, 1899, II, p. 553.

un cristal de Tamatave (raie D). La biréfringence varie entre 0.017 et 0.034. Nous pouvons admettre comme valeurs moyennes approximatives pour les cristaux dont il sera ici question $n_g = 1.64$, et $n_p = 1.62$.

Les différences entre des points, même très rapprochés, dans un même cristal sont également fréquentes, et peuvent atteindre plusieurs unités de la troisième décimale. Le tableau donné par M. Dufet en renferme beaucoup d'exemples, j'aurai l'occasion d'en montrer d'autres dans le cours de cette note. Ces variations se manifestent d'ailleurs aussi bien lorsque le point observé se déplace perpendiculairement ou parallèlement à l'axe.

On sait encore que l'uniaxie de la tourmaline n'est qu'une première approximation, et que l'observation en lumière polarisée convergente de lames perpendiculaires à l'axe, décèle des anomalies optiques variables et compliquées. Certaines régions, surtout les régions centrales, montrent la croix des uniaxes plus ou moins parfaite, tandis que d'autres régions laissent voir deux axes optiques plus ou moins écartés [1].

Dans les régions biaxes on ne peut naturellement plus parler d'un rayon ordinaire, et l'on doit distinguer les trois indices principaux $n_g > n_m > n_p$. L'indice du rayon le plus rapide a la valeur constante n_p dans les directions perpendiculaires à l'axe morphologique A du cristal, et la valeur n_m suivant cet axe ; l'indice du rayon le plus lent est n_g suivant l'axe A, et varie entre n_g et n_m dans les directions perpendiculaires ; n_g et n_m doivent être d'ailleurs peu différents l'un de l'autre : l'angle

[1] Voyez Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle. Leipzig, 1891, 272.

des axes 2V ne paraît pas être jamais très grand, et si l'on suppose $n_p = 1.62000$, $n_m = 1.64000$, on peut tirer n_g de la formule

$$\cos^2 V = \left(\frac{1}{n^2_p} - \frac{1}{n^2_m}\right) : \left(\frac{1}{n^2_p} - \frac{1}{n^2_g}\right)$$

On trouve ainsi

Pour	$2V = 4°$	$n_g = 1.64002$
	$2V = 10°$	$n_g = 1.64015$
	$2V = 20°$	$n_g = 1.64063$

Sauf dans des cas de biaxie très exceptionnels[1] les différences que l'on peut s'attendre à rencontrer entre les indices de réfraction, toujours compris entre n_g et n_m, du rayon quasi ordinaire, mesurés dans les diverses directions en un même point du cristal, ne paraissent pas devoir dépasser une ou deux unités de la quatrième décimale ; c'est-à-dire l'ordre de l'incertitude habituelle de ce genre de mesures.

II

M. Viola[2] a publié en 1900 des mesures d'indices qui ne sont pas d'accord avec ce qui précède. Sur trois tourmalines d'Elbe, il a trouvé entre les indices du rayon ordinaire, mesurés dans la direction de l'axe et dans la direction perpendiculaire, des différences s'élevant respectivement à + 0.0012, + 0.0022 et — 0.0024. Il en a conclu que dans la tourmaline les

[1] M. Karnojitzky a observé une fois un angle des axes dépassant 20°. Mais s'agit-il bien de l'angle intérieur vrai, c'est ce qu'il n'est pas possible de savoir d'après le résumé, *Zeitschr. f. Kryst.*, 1894, **22**, 77.

[2] *Zeitschr. f. Kryst.* 1900, **32**, 557.

lois de Fresnel ne se vérifient pas, que la surface d'onde y consiste non plus en une sphère et un ellipsoïde, mais en deux ellipsoïdes de révolution autour d'un diamètre commun, et il en a cherché l'explication dans les formules qui se déduisent de la théorie électromagnétique de la lumière, pour le cas où le rapport des perméabilités magnétiques du cristal, prises parallèlement et perpendiculairement à l'axe, diffère de l'unité d'une quantité appréciable[1] Une telle influence est bien probable *a priori*, mais pour qu'elle rende compte d'une perturbation aussi grande dans les indices, il faut admettre pour le rapport des perméabilités des valeurs qui sont peu vraisemblables.

Les mesures de M. Viola ont été faites par la déviation minimum, deux prismes convenablement orientés étant taillés dans chaque cristal. Les mesures n'auraient ainsi pas porté sur les mêmes points ; mais, d'après les explications que M. Viola a données plus tard[2], il paraît qu'en réalité les deux prismes consistaient en deux couples de faces, taillés sur un même morceau.

C'est aussi le procédé que M. Wülfing[3] a adopté en le perfectionnant, en ce sens que non seulement les deux couples de faces sont taillés de manière à permettre de faire les mesures au même point du cristal, mais qu'en outre les angles des deux prismes ainsi formés sont très sensiblement égaux. Les faces étaient taillées

[1] Helmholtz, Vorlesungen über die electromagnetische Theorie des Lichtes. Hamburg u. Leipzig 1897, p. 355. — A. Sella. *Rend. Accad. Lincei.* 1895, **4**, 237, 283.

[2] *Zeitschr. f. Kryst.* 1902, **36**, p. 121.

[3] *Centralbl. f. Min.* 1901, **4**, 299.

et polies à l'aide d'un dispositif mécanique qui doit leur donner une grande uniformité [1]. M. Wülfing a examiné quatre tourmalines, et n'a pas pu confirmer les résultats annoncés par M. Viola. Les différences des indices ordinaires, mesurés parallèlement et perpendiculairement à l'axe, se confondent avec les erreurs possibles des expériences, et ne dépassent pas une unité de la quatrième décimale.

Enfin M. Viola, dans sa seconde publication citée plus haut, a étudié par la méthode de Stokes, c'est-à-dire sous des incidences variables, six prismes taillés sous diverses orientations dans quatre cristaux. Les prismes étaient diaphragmés de manière à n'utiliser qu'un carré de 1^{mm} de côté, et à opérer sous toutes les incidences sur une même région limitée du cristal. Les variations avec l'incidence de l'indice ordinaire sont considérables et vont dans quelques cas à 12 unités de la quatrième décimale. Des variations systématiques de 3 unités au moins s'observent même, pour les deux indices, dans un prisme dont l'arête est parallèle à l'axe.

On sait, depuis les recherches d'Alfred Cornu et de M. W. Voigt [2], que dans la mesure des indices de réfraction au spectromètre, l'incertitude provient moins des erreurs accidentelles des pointés, que des erreurs systématiques très graves qui ont leur source dans la courbure à peu près inévitable des faces du prisme et dans les défauts de mise au point du collimateur. Dans

[1] *N. Jahrb. f. Min.* 1901, **2**, 1.

[2] Cornu. *Ann. de l'Ecole normale*, 1880, **9**, 21. — W. Voigt. *Zeitschr. f. Kryst.* 1881, **5**, 113. — Carvallo. Influence du terme de dispersion de Briot sur les lois de la double réfraction. *Thèse*, Paris, 1890.

le cas général, ces erreurs ont une allure compliquée, variant non seulement avec la perfection plus ou moins grande des faces, mais aussi avec toutes les particularités, angle réfringent, incidence, diaphragmes, centrages et réglages divers, qui pour chaque pointé déterminent la position relative du prisme, des lunettes et de la portion utilisée du rayon lumineux.

La méthode de la déviation minimum a le mérite de permettre, moyennant certaines précautions assez minutieuses, d'éliminer ces erreurs systématiques. C'est la meilleure méthode pour la mesure absolue des indices. Néanmoins, et par le fait même que c'est une méthode absolue, elle est peu avantageuse, lorsqu'il s'agit, comme dans la question qui nous occupe, de mesurer une très petite variation d'indice entre deux directions, ou de vérifier éventuellement que cette variation n'existe pas. Il faut en effet tailler deux prismes, et faire sur chacun d'eux, avec toutes les précautions voulues, une mesure qui est complètement distincte ainsi que ses erreurs.

La disposition adoptée par M. Wülfing est intéressante, parce que les deux prismes ayant le même angle et autant que possible la même perfection, et pouvant être substitués l'un à l'autre et centrés de la même manière sur le spectromètre, les deux mesures au minimum de déviation seront affectées des mêmes erreurs systématiques, et permettront la comparaison immédiate de leurs résultats, même si ces erreurs n'étaient pas complètement éliminées. Malheureusement la taille exacte du double prisme est une opération assez délicate, aussi bien que la substitution des deux prismes sur l'appareil.

Quant à la méthode de Stokes, elle est certainement difficile et dangereuse. Un même prisme suffit, il est vrai, pour plusieurs mesures. Mais ces mesures sont faites sous des incidences différentes et comportent des erreurs systématiques distinctes que l'on ne peut en général ni connaître ni éliminer, et qui dépendent, ainsi que M. W. Voigt[1] l'a remarqué, des particularités expérimentales les plus insignifiantes en apparence.

Ces erreurs existent toujours, mais leur grandeur et leurs lois peuvent beaucoup varier, et les éléments nous manquent pour apprécier l'influence qu'elles ont pu avoir dans les expériences de M. Viola. La remarque suivante paraît cependant indiquer que cette influence n'a pas été nulle.

Si, pour mieux nous rendre compte des variations que ce savant a observées, nous les traduisons graphiquement en prenant pour ordonnées les angles ψ que les rayons forment dans le prisme avec le plan bissecteur de celui-ci, et pour abscisses les indices correspondants, nous obtenons des tracés passablement accidentés, décelant dans les mesures isolées des erreurs fortuites qui sont souvent considérables, mais permettant cependant de reconnaître l'allure générale des séries. On peut dessiner au jugé, sans grand doute possible dans la plupart des cas, les courbes moyennes représentant, pour les divers prismes, la variation avec la direction des indices qui, d'après les lois de Fresnel, devraient être constants. Or s'il est difficile de tirer des conclusions très positives de ces courbes trop limitées et un peu incertaines, il semble pourtant que les lois de

[1] *Loc. cit.*, p. 125.

variation qu'elles expriment sont liées plus nettement et d'une manière plus probable à la direction des ondes par rapport au prisme que par rapport à la symétrie du cristal[1].

III

La question que M. Viola a abordée est intéressante, et bien que, comme il l'a reconnu lui-même, la tourmaline ne soit pas précisément le cristal de choix pour

[1] Je donne ici trois de ces diagrammes représentant les cas principaux. La courbe O est celle des observations, telle qu'elle résulte des tableaux publiés par M. Viola, et la courbe M est la courbe moyenne qui paraît en résulter. Si l'on suppose que par un même point de la face du prisme tournée du côté des rayons incidents, on mène les normales aux diverses ondes planes réfractées dans le prisme, ces lignes forment avec le plan bissecteur du prisme un angle ψ, qui, dans tous les tableaux et dans les figures données par l'auteur (Zeitschr. f. Kryst. **36**, p. 123, 132. 134, 135), sauf une, est supposé aller en croissant lorsque le point où cette normale vient sortir par la seconde face du prisme, s'éloigne de l'arête réfringente. (On peut vérifier qu'il en est bien ainsi parce que l'on sait que les angles d'incidence variaient régulièrement de 5° d'une onde à la suivante, ce qui, pour les valeurs données de ψ, n'a lieu que pour une des faces, qui est donc la face d'entrée. Pour le prisme VI, le tableau est bien établi de la même manière, mais sur la figure le sens de la propagation des ondes est renversé, ce qui ne change rien à leurs indices, mais gêne la comparaison avec les autres prismes. Pour le prisme II la figure donnée par M. Viola n'est pas tout à fait conforme au tableau). Sur chaque diagramme on a désigné par S, l'ordonnée $\psi = 90°$ de la normale à l'onde symétrique, qui, dans un prisme isotrope, aurait la déviation minimum, par A l'ordonnée qui correspond à la direction de l'axe, et par N celle qui correspond à la normale à l'axe.

Les observations les plus régulières paraissent être celles du prisme V (arête perpendiculaire à l'axe) rayon ordinaire (fig. 1); la courbe moyenne présente un minimum bien caractérisé dans le voisinage de l'onde symétrique S, et remonte de part et d'autre; d'un côté elle monte continument jusque près de N, où s'arrêtent

la résoudre, j'ai eu la curiosité de chercher de mon côté si les échantillons de ce minéral que j'avais sous la main me donneraient aussi les grosses anomalies qu'il a observées.

J'ai eu recours à la méthode de la réflexion totale,

les observations, de l'autre elle présente peut-être un maximum vers $\psi = -80°$, c'est-à-dire à environ 55° ou 60° de l'axe. Des courbes moyennes de même caractère, avec toujours le minimum S et une indication de maximum dans les grandes incidences négatives, se retrouvent pour les deux rayons du prisme I (arête parallèle à l'axe), et probablement aussi, quoique avec de gros écarts par

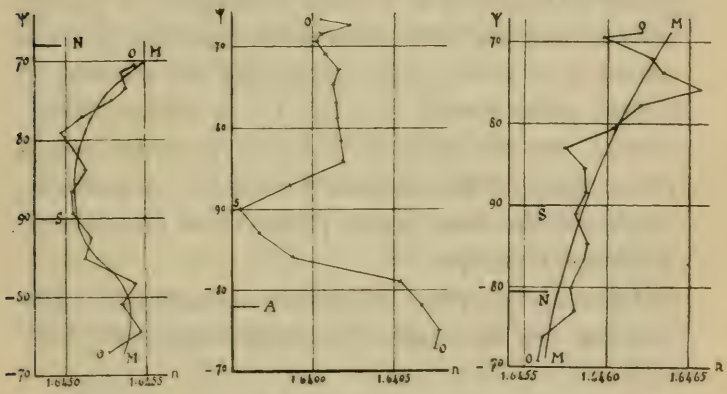


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

rapport à la courbe des observations qui est très irrégulière, pour le prisme II (fig. 2) et pour le prisme VI (arête perpendiculaire à l'axe pour tous deux). Pour le prisme II, le maximum coïncide à peu près avec l'axe optique ($\psi = -78°$). L'indice, maximum sur l'axe, deviendrait minimum sous 12° d'inclinaison pour grandir de nouveau plus loin. Pour le prisme VI, le minimum serait dans le voisinage de la normale à l'axe ($\psi = -74°$), et la courbe des observations, très irrégulière d'ailleurs, paraît remonter franchement vers + 65°, où elle s'arrête, après avoir fortement baissé dans l'intervalle.

Pour les prismes III (arête perpendiculaire à l'axe) et IV (fig. 3,

et spécialement au réfractomètre d'Abbe; d'abord pour changer de méthode, puis parce que ce procédé, malgré certaines difficultés sur lesquelles je reviendrai tout à l'heure, me paraît être le plus simple et après tout le plus sûr dans les circonstances données.

Avec une matière aussi peu homogène que la tourmaline, il ne peut être question d'obtenir de la méthode de la déviation minimum toute la précision qu'elle peut acquérir lorsqu'on l'applique, avec une technique longue et minutieuse, à des corps tels que le quartz par exemple. On ne peut guère prétendre dépasser de beaucoup la quatrième décimale, et pour en arriver là, il faut tailler plusieurs prismes dans des conditions qu'il n'est point élémentaire de réaliser, et mettre passablement d'attention aux mesures elles-mêmes. Or, ce degré de précision est celui que le réfractomètre d'Abbe permet d'atteindre, au moins en valeur relative, sans grande peine et avec un minimum d'habileté technique.

Une seule face plane taillée dans la tourmaline à étudier sous une orientation qui s'obtient presque d'elle-

arête oblique) la loi est complètement différente; l'indice baisse d'une manière continue et régulière à mesure que la normale à l'onde tourne dans le sens indiqué plus haut. Dans le prisme IV, cette normale passe sur la direction N de la normale à l'axe, et tourne encore de 9° au-delà de cette direction de symétrie cristallographique, sans que l'indice cesse de baisser avec la même régularité.

Il ne serait sans doute pas impossible de faire sur les faces et les diaphragmes des suppositions plausibles qui rendraient compte plus ou moins exactement de ces deux lois, observées chacune sur divers prismes d'orientation complètement différentes, tandis que l'on ne voit guère de forme probable de la surface de l'onde qui pût les expliquer.

même, suffit pour faire dans une série d'azimuts différents des observations qui sont à un haut degré comparables entre elles.

Si nous faisons pour un instant abstraction des difficultés provenant du manque d'homogénéité de la substance, nous voyons que les erreurs systématiques qui, dans les méthodes spectrométriques, sont déterminées par des éléments, prismes, réglages, incidences, essentiellement variables de l'une à l'autre des mesures qu'il s'agit de comparer, dépendent presque uniquement, avec le réfractomètre d'Abbe[1], de la demi-boule de verre et de la lunette, qui sont toujours les mêmes, et dont le réglage est fait une fois pour toutes, ou en tous cas ne change pas au cours d'une série.

Ces erreurs pourraient être déterminées, pour les différents points des deux cercles gradués, par une étude préalable de l'instrument. Mais lorsqu'il s'agit simplement de comparer des indices très peu différents, c'est-à-dire des angles de réflexion totale très voisins, obtenus dans des azimuts différents, les plus importantes de ces erreurs, celles qui dépendent de la hauteur de la demi-boule et de la position de son axe de rotation par rapport à la lunette, restent constantes et n'interviennent pas, non plus que les fautes de graduation du cercle vertical. Celles qui pourraient influer, défaut de centrage ou défectuosités horizontales de la demi-boule, défaut de perpendicularité de sa surface supérieure par rapport à son axe de rotation, position vicieuse de la lame à étudier sur cette surface, sont très faibles en raison de la perfection avec laquelle

[1] Czapski. *N. Jahrb. f. Min.*, 1890. Beil. Bd. 7, 175.

l'appareil est construit et peut être réglé ; ce qui peut en rester s'élimine en prenant toujours la moyenne des lectures faites dans deux azimuts à 180°, et en répétant les mesures pour diverses positions convenablement choisies de la lame par rapport à la demi-boule.

Si la lame à étudier est plane et homogène, et si elle reste bien appliquée sur la demi-boule, on obtient une grande précision. Les indices obtenus dans divers azimuts, par exemple sur une lame de verre bien taillée, ne diffèrent en général dans une même série de mesures que de deux ou trois unités de la cinquième décimale tout au plus. Naturellement la précision est beaucoup moins grande pour les valeurs absolues, lesquelles exigent des corrections.

Toutefois, quand il s'agit de la tourmaline, les conditions se compliquent notablement, et l'on rencontre certaines difficultés dont nous avons maintenant à parler.

1° La tourmaline n'est pas homogène, il est absolument nécessaire de n'opérer que sur une portion très restreinte de la surface, et de faire en sorte que cette portion soit la même pour tous les azimuts. Il faut donc diaphragmer, et le faire avec quelque précaution.

Le procédé le plus correct et généralement employé consiste à placer le diaphragme sur l'image réelle du cristal qui se forme en avant de l'oculaire[1]. Mon réfractomètre, de construction ancienne, ne présente pas cette disposition, et m'a paru se prêter mal à une transformation improvisée, ne gênant pas le fonctionnement du nicol, et donnant la sécurité et la fixité

[1] Czapski, Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Breslau, 1893. — Pulfrich, *Zeitschr. f. Kryst.*, 1899, **30**, 568.

nécessaires. Ce procédé entraîne d'ailleurs l'emploi d'une lunette à grossissement renversé qui diminue la précision des pointés.

M. Viola[1] a obtenu de bons résultats en plaçant le diaphragme entre le miroir éclaireur et la demi-boule. Ici encore il paraît difficile d'obtenir une parfaite stabilité, et d'être sûr de limiter toujours la même région du cristal, surtout si l'on veut pouvoir faire des lectures à gauche et à droite de l'appareil.

J'ai préféré installer le diaphragme (ouverture de 2^{mm} ou de 1^{mm} de diamètre suivant les cas[2]) dans la lunette même, immédiatement derrière l'objectif. Pour s'assurer de son fonctionnement, il suffit de disposer provisoirement devant l'oculaire, sur un support quelconque, un microscope, à l'aide duquel on observe l'image d'un petit cristal que l'on place au centre de la demi-boule. Je pouvais constater ainsi : 1° que l'image était très nettement diaphragmée ; 2° que l'axe du faisceau lumineux utilisé passait très exactement par le dit centre ; en employant un cristal suffisamment petit on pouvait, en le plaçant exactement en ce point, voir son image très nette au milieu de l'ouverture du diaphragme et vérifier que cette image restait parfaitement centrée quand on faisait tourner la demi-boule, et aussi quand, en renversant la position de la lunette, on faisait l'observation de l'autre côté de l'instrument. Si ce centrage ne pouvait être obtenu, il faudrait modifier un peu la hauteur de la demi-boule, et la position du diaphragme.

[1] *Zeitschr. f. Kryst.*. 1900, **32**, 551.

[2] Le diaphragme de 1^{mm} ne m'a pas paru avantageux, il est difficile d'éclairer suffisamment le champ.

En fait il m'a suffi de centrer soigneusement celui-ci dans la lunette.

Le diaphragme étant ainsi réglé, si l'on met sur la demi-boule, et bien en contact avec celle-ci, une lame quelconque à étudier, la réflexion totale s'opère dans tous les azimuts sur une seule et même petite région centrale. Mais lorqu'on ôte et remet la lame, ou lorsqu'on change son orientation par rapport à la boule, la petite région utilisée ne reste pas la même en général. A moins de précautions spéciales, les diverses séries que l'on fera sur une même lame correspondront à des points différents de celle-ci. C'est là un inconvénient réel, qui gêne pour répéter les mesures; on pourrait d'ailleurs le faire disparaître par un centrage au microscope d'un point marqué au dos de la lame; mais c'est une complication qui entraîne d'autres inconvénients, et dont j'ai cru devoir me dispenser. Les erreurs instrumentales dont l'élimination exige le déplacement de la lame sont en effet très faibles et se confondent avec des sources d'incertitude plus graves.

2° Il peut arriver que la lame, que nous supposons toujours parfaitement plane, ne soit pas exactement appliquée sur le plan de la demi-boule, et forme un petit angle avec ce plan; il en résulte une erreur, très fréquente si la lame est de petites dimensions. Mais on sait que cette erreur s'élimine d'elle-même dans la moyenne des lectures faites en tournant la boule de 180°. Seulement il faut évidemment que la lame, bien ou mal appliquée, ne se déplace pas pendant les mesures. Or, la tourmaline est particulièrement désagréable sous ce rapport. Elle n'est pas mouillée par le bromure de naphtaline, et les actions capillaires tendent à la soulever plutôt qu'à l'appliquer contre le verre.

Suivant la pression que l'on exerce sur elle, l'apparence des limites varie, on voit passer des franges de Herschel qui ne disparaissent que pour une pression difficile à maintenir, et il arrive en général que les limites deviennent très peu visibles quand la lame, même chargée d'un poids, est placée depuis un certain temps sur l'appareil.

Ce soulèvement a un autre inconvénient : le diaphragme est réglé pour une surface en contact immédiat avec le centre de l'instrument. Si la surface à étudier se soulève, la région qui réfléchit les rayons utilisés n'est plus la même et change un peu d'un azimut à l'autre.

Tout cela oblige à opérer rapidement en faisant le tour du cercle, sans trop multiplier les pointés dans chaque position.

3° Les lames de tourmaline sont faciles à obtenir à peu près planes; cependant on doit admettre qu'elles ne le sont pas absolument, et l'on doit se demander si des erreurs notables peuvent en résulter.

Les divers rayons parallèles qui, passant par le diaphragme, vont éclairer le centre du réticule, forment un faisceau très étroit, toujours centré par rapport à la lunette; ils rencontrent la lame en des points très voisins, donc, si la lame n'est pas plane, sous des angles très peu différents; la limite observée est moins nette, mais correspond en somme au rayon central du faisceau. Si la lame est convexe et s'appuie sur la demi-boule au centre de celle-ci, il ne doit pas y avoir d'erreur résultant de sa courbure. Mais si la lame n'est pas en contact avec le plan de verre au point où celui-ci est percé par le rayon central, ce rayon, réfracté dans le liquide interposé, va la rencontrer un peu en dehors

de l'axe vertical, en un point où sa surface n'est pas tout à fait horizontale. Lorsqu'on fait le second pointé, après avoir fait tourner la demi-boule de 180°, le point touché n'est plus le même, et la petite erreur du premier pointé n'est pas compensée, et cela même si la lame était homogène. Si la courbure de la lame n'est pas symétrique tout autour du centre, ou si son indice varie avec la direction, l'erreur commise peut être différente dans les différents azimuts.

En pratique, les lames ont des courbures très faibles, et sont presque en contact avec la demi-boule. Les erreurs dont nous nous occupons ne peuvent être que de très petites quantités qu'il ne serait d'ailleurs pas difficile de calculer pour des conditions données. Mais comme en pareille matière on risque toujours de ne pas tenir compte de tout, il m'a paru prudent de vérifier expérimentalement ce qui en est.

J'ai pris d'abord une lentille en verre, sphérique et convexe, dont le rayon de courbure est d'environ 180 centimètres. Malgré cette courbure considérable, on voit dans la lunette une limite, assez mauvaise il est vrai. Cette lentille étant centrée sur la demi-boule, ce dont il est facile de juger approximativement en examinant la goutte de bromure de naphtaline interposée entre les deux surfaces, j'ai mesuré son indice dans deux azimuts rectangulaires et j'ai trouvé 1.59546 et 1.59544. J'ai ensuite déplacé la lentille parallèlement au premier de ces azimuts, jusqu'à ce que le bord de la goutte de bromure vînt tout près du centre, et j'ai trouvé 1.59565 et 1.59549, et dans un autre essai 1.59537 et 1.59538. J'ai encore déplacé la lentille symétriquement en sens inverse et j'ai obtenu 1.59550 et 1.59546.

J'ai fait un autre essai avec un verre de besicles ovale, convexe dans le sens de sa longueur avec un rayon de courbure de + 100 centimètres, concave dans le sens de sa largeur avec un rayon de — 3600 centimètres. Sa surface étant approximativement centrée, j'ai trouvé un indice de 1.59655 dans le premier sens et 1.59666 dans le second.

Ces mesures ont été faites rapidement, avec un ou au plus deux pointés dans chaque position ; elles suffisent néanmoins pour montrer qu'une courbure, même assez forte, n'exerce que fort peu d'influence quand le réfractomètre est bien diaphragmé.

Toutes les lames de tourmaline dont je me suis servi avaient naturellement des courbures beaucoup plus faibles ; je me suis assuré qu'elles donnaient dans un spectromètre sous l'incidence de 45° des images réfléchies satisfaisantes avec un dépointement de la lunette de quelques millimètres seulement. Plusieurs de ces lames ont été repolies à diverses reprises sans présenter des variations dépassant l'incertitude habituelle des mesures.

4° A côté de la structure hétérogène de la tourmaline et de sa tendance à mal adhérer à la surface de la demi-boule, il est une autre cause qui agit, elle aussi, pour diminuer la netteté des limites de réflexion totale. Nous voulons parler de l'absorption, qui n'a pas besoin d'être bien forte pour troubler sensiblement le phénomène. Le changement dans l'intensité du rayon réfléchi qui, pour les corps transparents, se produit brusquement à l'angle limite, devient graduel et beaucoup moins visible pour les corps même très modérément absorbants. Dans les variétés colorées de la tourmaline, les limites que l'on observe au réfractomètre sont estompées, et cela

est surtout frappant pour le rayon ordinaire. Les pointés ne peuvent être précis dans de telles conditions; ils comportent une appréciation un peu arbitraire qui est facilement modifiée par l'éclairement du champ ou par d'autres circonstances accessoires.

L'indice déduit de cet angle limite mal déterminé n'a d'ailleurs plus de signification théorique bien précise[1]; on peut reconnaître seulement qu'il tend à être plus grand que le véritable indice de réfraction; l'erreur croit avec l'absorption, en même temps que l'observation devient de plus en plus difficile.

A part l'incertitude du pointé, il ne semble pas cependant que l'absorption doive troubler les comparaisons d'indices que nous cherchons à faire. Il résulte en effet de la théorie donnée par M. Drude[2], que si la tourmaline est uniaxe ou rhombique[3], les rayons qui ont une vitesse constante dans les plans principaux ont aussi la même absorption; ils doivent donner la même erreur au réfractomètre. Donc, si cette erreur n'est pas négligeable, elle peut influer sur les valeurs absolues des indices et de leurs différences, mais n'introduit pas d'erreur systématique empêchant de reconnaître leur égalité si elle existe. La méthode de la réflexion totale reste applicable à notre but.

Avec des cristaux clinorhombiques ou tricliniques la question serait beaucoup moins simple, et il conviendrait de l'examiner de plus près si l'on observait des anomalies par la réflexion totale. *(A suivre.)*

[1] W. Voigt. *Wied. Ann.*, 1885, 24, 141.

[2] *Wied. Ann.*, 1890, 40, 665.

[3] Le cristal observé par M. Karnojitzki, *loc. cit.*, était trichroïque, donc biaxe aussi pour l'absorption.

LES

SEICHES DU MADUSEE EN POMÉRANIE

PAR

le Dr W. HALBFASS
Professeur à Neuhaldensleben

Le désir d'étendre l'étude des seiches aux lacs du nord de l'Allemagne me poussa à demander à l'Académie des sciences de Berlin de me procurer les moyens d'entreprendre ces recherches. Elle voulut bien me les accorder en mettant à ma disposition d'abord un, puis deux limnimètres enregistreurs transportables modèle Sarasin. J'avais d'emblée porté mes vues sur le Madüsee, qui était pour moi d'un accès relativement facile depuis la ville de Neuhaldensleben que j'habite et qui, en outre, comme bassin allongé, régulier et d'une profondeur assez considérable, constituait un type très approprié pour ces observations. Je trouvais là encore une autre condition très favorable dans l'existence, à la pointe nord de ce lac, à Carolinenhorst, d'une station officielle de pêche dont le directeur, le maître pêcheur Weidmann, homme très compétent auquel j'exprime ici ma plus sincère reconnaissance, voulut bien se charger de la surveillance de l'instrument et veiller à la marche régulière des observations, ce qui m'eut été impossible à moi-même depuis Neuhaldensleben. Le service même de chaque instrument fut fait très soigneusement par un simple pêcheur habitant sur place.

Comme les rives du Madüsee sont partout très plates,

il fallut, pour trouver un fond suffisant à la bonne marche de l'instrument, l'installer lui et la hutte destinée à le protéger, à plusieurs centaines de mètres du bord, sur des pieux solidement plantés dans le lac, le tout suffisamment garanti contre les tempêtes, les vents et les vagues souvent très violentes et très prolongées dans cette région.

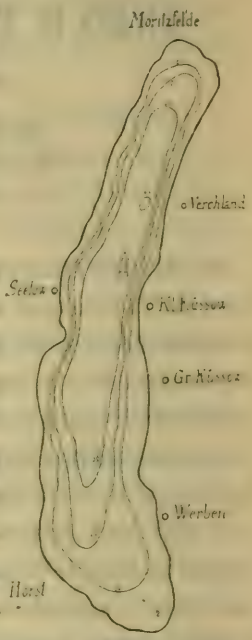


Fig. 1.

L'accès de ces huttes en petit canot était impossible en cas de tempête ou de congélation du lac; de là des interruptions inévitables dans les tracés.

Le Madüsee est situé un peu à l'E de la ville de Stargard qui a donné son nom au méridien auquel correspond l'heure de l'Europe centrale. Plus exactement encore ce méridien passe par le Madüsee même. Ce dernier a 36 kilomètres carrés de surface, 15,5 km. de longueur, 3,2 km. de largeur maxima et 37,5 km. de pourtour. Sa plus grande profondeur est de 42 m., sa profondeur moyenne de 25 m.; son volume peut être évalué environ à 726 millions de mètres cubes. Sa surface est à 14 m. au-dessus de la Mer Baltique. Il constitue la cryptodépression la plus accentuée de cette région. Son bassin ressemble à une grande baignoire, avec des bords larges et plats, sans irrégularités de contour ni de fond. Tout semble donc y être disposé à souhait pour la production normale du phénomène des seiches.

De la formule de Du Boys[1]

$$t = \frac{2}{\sqrt{g}} \sum_1^n \frac{2l_n}{\sqrt{h_{n-1}} + \sqrt{h_n}}$$

j'ai déduit en y appliquant les mesures des sondages que j'avais faits en 1899 pour la durée de la seiche de ce lac $t = 36,3$ minutes.

Comparons maintenant le résultat du calcul avec ceux des deux séries d'observations que j'ai effectuées.

Date	Durée	Nombre d'oscillations	Amplitude max.	Amplitude min.
22-24 octobre 1901	35,1	99	17	2
8-10 novembre	35,0	89	23	2
12-14	35.2	74	28	8
15-17	35,3	84	18	2
18-19	35,6	51	9	6
20-24	36,0	175	20	1
25-17	35,2	64	43	2
6-7 décembre	35,0	54	22	7
11-12	35,3	72	12	1
12-16	35,1	135	60	5
17-18	35,2	77	25	1
19-21	35,3	74	16	4
22-24	35,0	96	25	3
26-28	35,6	69	15	3
30-31	36.3	52	9	2
1-3 janv. 1902	35,7	76	16	7
5-7	36,3	84	28	5
7-12	35,8	204	15	3
13-15	35,8	80	22	1
18-21	36,1	108	17	2
28-30	36,4	68	16	4
31 janv.-1 févr.	35,8	50	9	1
3-6	36,1	119	28	4
11-13	35,8	105	13	1

[1] Du Boys. Essai théorique sur les seiches, *Arch. des sc. phys. et nat.*, 1891, t, XXV, p. 628. Dans cette formule t est la durée de la seiche, n le nombre des tranches dans lesquelles on découpe le lac, h_{n-1} la profondeur à l'une des faces de la tranche, h_n la profondeur à l'autre face, l_n l'épaisseur de la tranche comptée dans le sens de la longueur du lac.

Dans la première série du 14 octobre 1901 au 13 février 1902, c'est-à-dire pendant quatre mois, le limnographe placé à Moritzfelde, à l'extrémité nord du lac, traça 3103 oscillations longitudinales d'une durée moyenne de 35,5 minutes, correspondant assez bien à celle donnée par le calcul. Je relève dans le tableau les séries d'au moins 50 oscillations entières régulières bien développées.

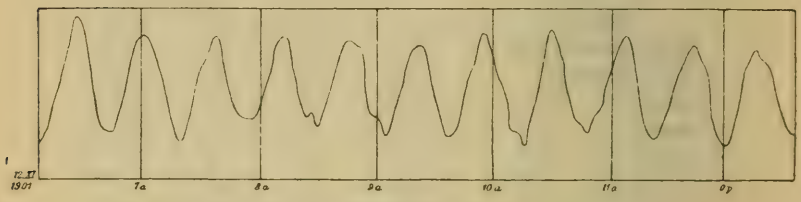


Fig. 2.

La plus longue série de seiches longitudinales uninodales (fig. 2) enregistrée pour le Madüsee s'est prolongée du 7 au 12 janvier, c'est-à-dire pendant 5 jours et 5 nuits. M. Forel[1] en a relevé une plus longue encore pour le lac de Genève sur les tracés de M. Plantamour. Cette dernière, qui s'est étendue du 26 mars au 3 avril n'a porté toutefois, à cause de la période plus longue que sur 182 oscillations, tandis que celle que j'ai signalée ici en compte 204. Au lac de Gmünden en Autriche, M. Schuh[2] a obtenu une série non interrompue de 466 oscillations uninodales du 21 février 1902 à 2 heures du matin au 24 février à 9 heures du soir.

Dans le tableau ci-dessus la durée d'oscillation va en augmentant, ce qui correspond à une élévation de

[1] F.-A. Forel. *Le Léman*, t. II, p. 110.

[2] Schuh. Beiträge zur Kenntniss des Gmündner Sees, *Programm des Gmündner Communalgymnasiums* 1899.

niveau du lac. M. Ebert[1] a observé le même effet au lac de Starnberg par une baisse du lac. Cette contradiction apparente s'explique très facilement : pour le Madüsee, la crue de ses eaux produit un allongement sensible à cause de ses rives très plates, partant un allongement proportionnel de la période compensant et au delà la réduction qui résulterait de la plus grande profondeur. Pour le lac de Starnberg les conditions sont renversées.

Pour ce qui est des *seiches binodales*, j'en ai relevé dans le même temps 43 séries comprenant 576 oscillations entières d'une durée moyenne de 20,1 minutes. Ce mode de balancement du lac se présente plus rarement et dure moins longtemps. La plus longue série de binodales s'est produite les 4 et 5 novembre pendant presque 22 heures avec 61 oscillations d'une durée moyenne de 21,4 minutes. Une autre série les 6 et 7 novembre a compris 55 oscillations d'une durée moyenne de 19,5 minutes. La durée de la binodale présente de plus grands écarts que l'uninodale. La plus grande amplitude qu'ait présenté ce type de seiche a été de 32^{mm} c'est-à-dire à peu près la moitié du maximum des uninodales. Tandis que les uninodales régulières se produisent presque habituellement, les binodales pures sont très rares. Très appropriée pour la production du mouvement pendulaire simple, la forme du bassin de notre lac paraît se prêter beaucoup moins au balancement à deux nœuds seul. En revanche l'existence simultanée des deux mouvements produit souvent une *seiche dicrote*.

Outre ces deux périodes principales, j'en ai observé

[1] Ebert. *Archives des sc. phys. et nat.*, 1901, t. XI, p. 581.

par moments d'autres plus courtes. Ainsi j'ai relevé 57 oscillations d'une durée moyenne de 13,7 minutes, 77 de 8,0 minutes et 11 de 5,5 minutes. Si l'on prend la durée de l'oscillation fondamentale égale à 100, les valeurs relatives des autres périodes seront 55, 38, 22 et 15. J'insisterai seulement sur le premier de ces rapports, soit celui de la binodale à l'uninodale. Le tableau qui suit donne ce rapport pour d'autres lacs.

	Uninodales	Binodales	Rapport
Lac de Genève	73	35.5	2.06
Constance.....	55.8	28.1	1.99
Zurich.....	45.6	23.8	1.91
Quatre-Cantons	44.7	24.4	1.83
Id. transv..	18.26	9.27	1.97
Starnberg.....	24.98	15.78	1.58
George.....	131	72	1.82
Neuchâtel.....	50	24.3	2.06
Thun.....	15	7.5	2.00
Balaton.....	117	60	1.95
Madü.....	35.5	20.1	1.77

Nous touchons là un des problèmes les plus mal résolus de la théorie des seiches. Loin d'être fixe, le rapport entre les deux périodes principales varie pour les différents lacs étudiés jusqu'ici entre 2.06 pour le Léman et 1,58 pour le Starnberg.

M. C. Soret (cité par Forel, *Le Léman*, II, 84) déduit d'une discussion de la formule de Merian que le rapport t/t' des périodes uninodales et binodales doit varier de $t/t' = \sqrt{2} = 1,414$ pour une profondeur infinie, à $t/t' = 2$ pour une profondeur tendant vers 0. D'une manière générale ce rapport devrait être plus faible pour les lacs les plus profonds. Cette conséquence de la formule de Merian n'est pas justifiée par les faits, puisque le rapport qui nous occupe est au contraire notablement plus fort pour les lacs profonds de Genève, de Cons-

tance et de Zurich que pour les lacs beaucoup moins profonds de Starnberg et Madü. Il ressort suffisamment du tableau ci-dessus qu'il n'y a pas de relation définie entre le rapport t/t' et la profondeur moyenne des lacs, puisqu'il est presque le même pour le Léman très profond que pour le Balaton très plat.

La théorie admise jusqu'ici ne suffit donc pas à donner la solution de ce problème et la profondeur n'a joué ici qu'un rôle secondaire.

J'ai fait une seconde série d'observations, cette fois avec deux limnographes Sarasin mis également a ma disposition par l'Académie de Berlin et mis en marche simultanément le 8 octobre 1902 aux deux extrémités du lac à Moritzfelde (nord) et Horst (sud). Elles se prolongèrent jusqu'au 5 et au 2 décembre où la congélation du lac et les mauvais temps rendant l'accès encore plus difficile à l'appareil sud qu'à l'appareil nord, les firent interrompre pour être reprises du 31 mars au 19 et au 23 mai 1903.

Les surveillants des deux instruments qui opéraient pour moi eurent à lutter contre bien des contretemps et durent se résigner parfois à des interruptions impossibles a éviter à cause des intempéries de la saison.

Dans cette seconde campagne, l'appareil nord a tracé 2636 uninodales, réparties en 76 séries différentes et donnant une période moyenne de 35,7 minutes. L'appareil sud n'a enregistré dans le même temps que 877 uninodales, dans 52 séries donnant comme durée moyenne très sensiblement la même valeur, soit 35,8 minutes. La faible augmentation de la période par rapport à celle trouvée dans la première campagne s'explique facilement par la hausse du lac qui s'est manifestée surtout au printemps 1903. Elle était au 15 mai

1903 de 61 cm. comparée au niveau du 1er décembre 1901, ce qui comporte pour le lac un allongement de plus d'un demi-kilomètre.

Moritzfelde.

Date	Durée	Nombre d'oscillations	Amplitude max.	Amplitude min.
18-20 octobre 1902	36,0	69	15	5
20-21	35,9	51	10	4
25-27	35,8	98	12	2
29-30	35,8	60	12	3
30 oct.-2 nov.	35,7	96	25	8
3-7 nov.	35,8	150	22	3
9-10	35,9	55	30	2
12-14	35,9	90	19	2
14-17	35,7	134	25	1
18-20	35,5	76	20	1
22-25	35,1	148	16	1,5
1-3 décembre	35,3	77	15	1
13-15	36,2	78	24	4
23-25 avril 1903	36,3	101	22	0,5
3-4 mai	36,6	51	13	1
5-7	36,5	64	24	2
7-10	36,6	94	35	2
13-15	37,1	63	11	1
17-19	36,2	65	24	10

Horst.

11-13 octobre 1902	35,8	88	26	5
31 oct.-2 nov.	35,7	62	16	3
4-6 nov.	35,8	104	14	1
10-11 avril 1903	36,2	31	20	10
18-19	36,4	24	30	6
6 mai	36,4	20	15	2
18	36,5	26	50	4

Les données fournies par la station de Moritzfelde surtout montrent nettement l'allongement graduel de la période dont nous avons parlé plus haut.

L'appareil sud travaillait dans des conditions beaucoup plus défavorables que celui de Moritzfelde, soit comme réglage, soit au point de vue de l'amplitude

des oscillations, beaucoup plus faibles ensuite de plus grande largeur, de là l'infériorité des résultats. L'appareil nord a enregistré dans cette seconde campagne 526 binodales réparties en 33 séries et donnant une durée moyenne de 20,1 minutes.

Outre ces deux périodes principales, la seconde campagne en a révélé d'autres plus courtes de 14,6 min., 8,4 min. et 5,3 min. Ces cinq périodes sont entre elles comme 100 : 56 : 41 : 24 : 15. Rapports très voisins de ceux notés l'année précédente. Le nombre des séries régulières de plurinodales n'est pas assez grand pour permettre de les définir plus exactement.

La comparaison des courbes tracées simultanément aux deux extrémités du lac fait ressortir de grandes différences entre elles comme c'est le cas dans la plupart des lacs ensuite des différences dans la configuration des lieux ; elles ont une allure beaucoup plus irrégulière à l'extrémité sud qu'à l'extrémité nord.

Dès qu'elles sont suffisamment régulières, l'opposition des seiches uninodales ressort avec une parfaite précision, preuve du mouvement pendulaire simple.

Comme cause principale des seiches, je n'hésite pas plus que d'autres observateurs à admettre les variations de la pression atmosphérique, ne se produisant pas simultanément sur les différentes parties du lac.

En résumé, le petit lac poméranien, avec sa forme allongée très simple, constituait un type très avantageux pour la confirmation de la théorie des seiches telle que l'a établie M. Forel, et il l'a fournie en effet d'une manière très satisfaisante.

LES
SEICHES DU CHIEMSEE

PAR

Ant. ENDRÖS

Maître de mathématiques et de physique à Traunstein[1]

M. le professeur H. Ebert a inauguré l'étude des mouvements oscillatoires des lacs bavarois au lac de Starnberg[2]. Après ce bassin de forme allongée et aux mouvements relativement bien réglés et simples, il désira étendre ses observations à un bassin de forme irrégulière et sans axe longitudinal bien déterminé, tel que le Chiemsee, et il voulut bien me confier le soin de les poursuivre sous sa direction et avec ses conseils, ce qui m'était facile, habitant à Traunstein, dans le voisinage immédiat de ce lac. Telle a été l'origine de ce travail, que j'ai publié en détail sous forme de thèse et que je vais résumer brièvement ici.

A l'aide du plémyramètre de Forel, nous pûmes facilement et d'emblée constater l'existence dans le Chiemsee du phénomène que nous voulions étudier.

[1] Anton Endrös. Seeschwankungen (seiches) beobachtet am Chiemsee. Traunstein, Druck von A. Miller u. Sohn, 1903.

[2] H. Ebert. Les seiches du lac de Starnberg en Bavière. *Archives des sc. phys. et nat.*, 1901, t. XI, p. 578.

Des observations prolongées en dix stations différentes des bords du lac révélèrent des seiches d'allures très variées et irrégulières. Les essais préliminaires faits simultanément en différents points, au moyen de lectures faites de minute en minute à de simples échelles

Fig. 1.

graduées, permirent de fixer approximativement la période d'oscillation la plus longue de ce lac à 42 minutes et de trouver les points terminaux de ce mouvement.

On installa alors en ces deux points deux limnimètres

Sarasin[1], l'un à Schafwaschen, extrémité occidentale du lac, le 4 avril 1902, l'autre à Seebruck, à son extrémité nord le 26 juin 1902. Ils y fonctionnèrent régulièrement avec quelques rares interruptions. A côté de ces deux instruments placés à poste fixe dans ces deux stations principales pour la durée des observations, et qui traçaient, celui de Seebruck surtout, des courbes très compliquées, il était indispensable de suivre simultanément les mouvements du lac sur d'autres points de ses rives, de manière à reconnaître comment ils se combinaient entre eux, et dans quelle relation de concordance ou de discordance ils étaient ensemble.

Je construisis à cet effet un limnographe très facilement transportable, de construction simplifiée, avec crayon fixé sur la tige même du flotteur et rouleau de papier vertical. Je le plaçai successivement dans huit stations intermédiaires. Je surveillai moi-même les trois appareils, en ayant soin, pour la précision des observations combinées, de noter souvent sur la courbe l'heure exacte prise à une même montre, pour pouvoir toujours, en vue de la comparaison des différents tracés, déterminer exactement l'instant correspondant à chaque point de la courbe. Quand les circonstances étaient particulièrement favorables pour ces observations combinées entre plusieurs stations, j'opérais simultanément sur un quatrième point avec l'un des plémyramètres dont je m'étais servi au début, notant pendant plusieurs heures les dénivellations de l'eau qui

[1] M. Ebert procéda lui-même à l'installation de ces appareils, utilisés déjà par lui au lac de Starnberg et acquis antérieurement par l'Académie des sciences de Bavière, qui a bien voulu en outre m'accorder un subside pour ces recherches.

s'y produisaient. Tandis que les observations aux stations secondaires durent être interrompues le 25 novembre 1902 par suite de la congélation, les deux limnographes Sarasin continuèrent à fonctionner régulièrement jusqu'au 15 février 1903, quoique depuis le 19 janvier le lac se fût recouvert d'une couche de glace de 30 cm. et plus.

L'examen de tout l'ensemble des tracés recueillis de la sorte dans dix stations différentes révéla l'existence dans le Chiemsee de douze périodes d'oscillation différentes, avec la position approximative de leurs nœuds.

L'énumération seule de ces douze types différents de seiches montre l'extraordinaire complication des mouvements de balancement qui peuvent se produire dans ce lac et que sa forme si irrégulière faisait prévoir. On comprendra donc les difficultés que j'ai rencontrées pour arriver à une définition de ces diverses périodes, surtout des plus courtes et des moins développées. Je n'ai pu y réussir qu'en multipliant les appareils et les observations comparatives dans des proportions qui n'ont été réalisées encore, à ma connaissance, dans aucun autre lac. Puisque pour analyser les mouvements du Chiemsee dans tous leurs détails, j'ai opéré sur 14 points différents de ses rives. Aussi je donne mes interprétations comme fruits d'un examen consciencieux et approfondi, sous réserve des modifications que mes recherches ultérieures pourraient m'amener à y apporter.

La période fondamentale, d'une durée moyenne de 43,21 minutes, est celle de l'*uninodale* Schafwaschen-rive méridionale-Seebruck (fig. 2), qui suit une ligne semi-circulaire. Le nœud de ce mouvement se trouve

tout naturellement au rétrécissement que présente le lac au sud-est de la grande île. Dans le bassin occidental, ce type se produit d'une manière presque continue et atteint occasionnellement des amplitudes de 300 millimètres. Cette seiche est six fois aussi haute à Schafwaschen qu'à Seebruck. L'étendue relative des deux surfaces oscillantes est environ 13 km^2 : 64 km^2 = 1 : 5.

Les notions très suffisantes que nous possédons sur le relief du fond[1] permettent une estimation très approximative de la période de l'uninodale par la formule de Du Boys. Le calcul donne une durée de 42,22 min. très approchée de celle qui a été observée par un niveau moyen, soit 42,83 min. Cette période varie en effet de 44,05 min. quand le lac marque 1^m,05 à l'échelle, à 40,18 min. quand il ne marque plus que 0^m,19. Elle diminue ainsi avec le niveau du lac. Par le fait des rives très plates, l'effet du raccourcissement du mouvement de balancement l'emporte sur celui de la diminution de profondeur.

On constate ensuite une seiche d'une période moyenne de 28,98 min. (fig. 3), également très fréquente et formant très souvent avec la première des seiches dicrotes. C'est ici l'oscillation *binodale* du Chiemsee. Le rapport entre l'uninodale et la binodale est donc 1,48 : 1, c'est-à-dire le plus petit qui ait été observé jusqu'ici sur un lac. En outre le ventre médian ne coïncide pas comme le ferait prévoir la théorie avec le nœud de l'uninodale, mais se trouve à peu près au milieu de la côte occidentale, à l'ouest de la grande île vers Stock. Le ven-

[1] E. Bayberger. *Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig*, 1888.

tre oriental n'est pas non plus à sa place à Seebruck, mais au milieu de la côte orientale vers Chieming. La longueur de ce balancement serait de 12 km., ce qui donnerait par la formule de Du Boys une durée de 27,06 min. et de 27,25 suivant que l'on prend pour le calcul le profil au sud ou au nord de la grande île. Il semble donc que l'on doive plutôt considérer cette

Fig. 2

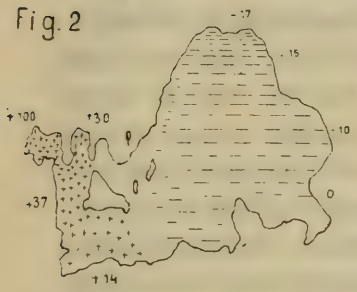


Fig. 3

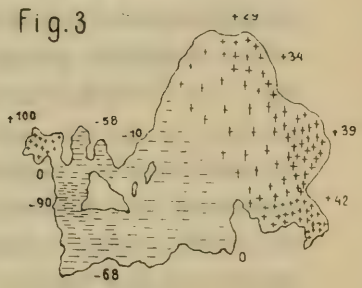
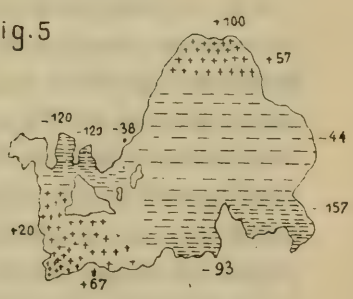


Fig. 4

Fig. 5



seiche comme l'uninodale du bassin principal situé à l'est de l'île qui se répercute simplement dans le golfe de Schafwaschen, comme ce serait le cas d'après Du Boys pour la binodale du lac de Genève qui se trouverait combinée avec l'uninodale du grand lac, plus longue elle-même que la moitié de l'uninodale.

Nous trouvons ensuite une seiche de 37 $^1/_2$ min.,

très rare et observable seulement à Schafwaschen. Le calcul par la formule de Du Boys ferait de ce type une oscillation Seebruck-Kailbach, ce dernier point se trouvant sur la côte N-O dans le golfe du milieu.

Une quatrième période de 18,22 minutes (fig. 4) se retrouve dans toutes les stations d'observation. Elle semble être une transversale suivant une diagonale S-E — N-O. Le golfe de Schafwaschen n'oscille qu'exceptionnellement et le mouvement est alors binodal.

Une cinquième période de 15,80 min. de durée (fig. 5) se retrouve partout sur les rives du bassin principal. C'est une *seiche trinodale* suivant la ligne Seebruck-rive sud-angle S.-O.-rive nord avec trois nœuds très nets. Elle forme avec l'oscillation de 18 minutes des courbes d'interférences qui correspondent absolument aux courbes d'interférences acoustiques.

Dans le grand lac on observe d'une manière presque continue une binodale de 10,70 min. suivant la ligne Seebruck-angle S.-O. et une trinodale de 7 min. suivant la même ligne. La première, quand elle atteint de fortes amplitudes (123^{mm}) se communique aussi aux autres parties du lac et apparaît alors comme quadrinodale Seebruck-Schafwaschen. Elle est souvent accompagnée elle-même dans la région des îles d'une période de 12,47 min. que je considère comme binodale suivant un axe SE-NO.

Une seiche de 8,22 min. règne souvent sur toute la longueur du lac de Seebruck à Schafwaschen et serait une sextinodale. Souvent aussi elle est limitée au grand lac dont elle représenterait la trinodale. D'autres fois elle constitue la période propre du petit lac de Schafwaschen, sans apparaître dans le grand bassin.

On voit apparaître aussi souvent une transversale binodale de la partie nord du grand lac, mesurant 5 min. de durée. Une autre période de 9 $^1/_2$ min. très rare celle-là, est une binodale Seebruck-rive sud. Viennent ensuite une oscillation de 4,22 min. qui serait l'octave supérieure de celle de 8 min. et une autre de 3 min. qui apparaît simultanément en plusieurs stations et dans laquelle nous verrons une plurinodale sans autre désignation. Je ne fais que mentionner les mouvements que M. Forel a appelés vibrations, spécialement celles des bateaux à vapeur (2,22 ; 2,02 ; 1,67 minutes).

Même recouvert d'une couche de glace de 30 cm. d'épaisseur, le lac fut constamment animé de mouvements oscillatoires. L'amplitude la plus considérable observée dans ces conditions fut de 26^{mm}. Il est à remarquer seulement que la durée de tous les types de seiches donnés ci-dessus (sauf un) était plus courte sous la glace que dans le lac libre. La durée de l'oscillation fondamentale diminue de 1 $^1/_2$ minute. La cause de ce fait réside dans la solidification de l'eau des rives. Les bas fonds des bords ne prennent plus part au mouvement de balancement dont l'amplitude est de ce fait diminuée. Lors du dégel, la glace se détache des grèves et les seiches reprennent alors immédiatement leur durée normale.

Pour étudier la cause des seiches du Chiemsee, j'installai un baromètre enregistreur à chacune de ses extrémités et un anémomètre également enregistreur en son milieu.

Outre mes propres observations, j'avais également à ma disposition les indications des stations météorologiques voisines de Bernau et de Traunstein.

Comme dans le Chiemsee les séries des seiches sont très vite amorties, il était facile de noter le moment exact où se produisait une nouvelle impulsion et de trouver le phénomène météorologique auquel elle était liée. De 161 dénivellations brusques d'une amplitude de 20^{mm} et plus 148 ont coïncidé avec une augmentation subite de la pression atmosphérique, 32 des plus fortes se sont trouvées en relation très étroite avec les variations de la pression atmosphérique. Il n'y a eu que 7 dénivellations qui aient paru produites par une baisse du baromètre.

En ce qui concerne les seiches, l'action du vent est à peu près nulle comparée à celle de la pression atmosphérique. Il produit des déplacements marqués de l'eau de la surface, suivis tantôt d'un courant de retour du fond, tantôt d'un courant de surface circulaire autour du lac (grand lac par le vent d'ouest).

Les vents peuvent en revanche agir indirectement, les vents de montagne surtout, parfois très violents sur le Chiemsee, par les variations de pression très brusques qu'ils produisent.

Même par un temps parfaitement tranquille et clair, il se produit de nouvelles impulsions, au besoin très faibles.

D'autres causes, comme serait l'attraction des nuages électriques ou les tremblements de terre n'ont pas été reconnues au Chiemsee comme agissant pour la production des seiches.

Conjointement avec l'étude des seiches, j'ai observé certains phénomènes secondaires qui en résultent, tels que les courants très fréquents dans la région nodale de la seiche fondamentale, région des îles. Ces courants atteignent parfois une vitesse de 15^{m} à la minute.

Au point de vue pratique aussi la connaissance des seiches a son importance, particulièrement pour le débit de l'émissaire qui peut sous l'action des seiches passer du simple au double.

Je compte du reste continuer l'étude de ce lac si intéressant au point de vue du phénomène qui nous occupe. Il importe de définir plus exactement ces types si variés du mouvement de balancement dans la complication desquels on se perd. Il sera intéressant aussi de mesurer l'effet que produira sur la durée des différentes seiches l'abaissement du niveau du lac auquel il sera procédé prochainemént et qui devra atteindre 60 cm.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

juin, juillet et août 1903.

(ÉTÉ 1903.)

Remarque. L'accident survenu le 20 mai au baromètre de la station de Dailly provenait du transfert de cet instrument hors du bureau de tir où se faisaient des réparations. L'instrument a été immédiatement expédié à son constructeur à Berne et a été réinstallé le 4 juin dans le bureau de l'intendance de Dailly. Le nouvel emplacement est à 15 mètres au dessus de l'ancien. Nous avons ramené les pressions, à partir du 5 juin, à l'ancien niveau en les augmentant en moyenne de $1^{mm}.2$.

La correction fondamentale du baromètre après sa réparation a été déterminée le 7 octobre au moyen du baromètre de voyage et rapportée comme précédemment au baromètre de Noblet de l'observatoire. La différence avec l'ancienne correction étant seulement de quelques centièmes de millimètre, nous n'en avons pas tenu compte.

Les valeurs de la pression moyenne pour les 4 premiers jours du mois ont été déterminées, comme celles des 12 derniers jours du mois de mai, au moyen des tracés du barographe et en tenant compte des lectures directes faites au baromètre de Savatan. Elles figurent entre parenthèses dans les tableaux.

OBSERVATIONS DIVERSES

Juin 1903.

Brouillard. — I. *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 8, 11, 13, 14, 21, 22 et 23 à Dailly ; les 4, 8, 9, 11, 13, 14, 22 et 23 à l'Aiguille. — II. *Brouillard pendant tout le jour* : le 10 à Dailly et à l'Aiguille.

Orage : le 30 après midi.

Juillet 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 6, 18 et 21 à Dailly ; les 4, 6, 17, 19, 21, 24, 27, 30 et 31 à l'Aiguille.

Orages : les 3 et 5 après midi, dans les nuits du 12 au 13 et du 16 au 17 ; le 18 au soir, et les 19 et 23 après midi.

Août 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : le 10 à Savatan ; le 15 à Dailly ; les 7, 10, 15 et 19 à l'Aiguille.

Orages : le 9 au soir, dans la nuit du 9 au 10 et le 12 au soir.

Fœhn : le 23 à Lavey, Savatan et l'Aiguille.

MOIS DE JUIN 1903

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	699.4	(654.9)	+13.5	+ 9.6	85	90	9	10	10	9.0	....	9.6	....	11.2	....	11.0	....
2	698.7	(654.3)	15.9	11.0	65	86	9	6	8	4.0	....	2.2	....	3.3	....	4.0	....
3	697.2	(652.9)	15.9	11.4	71	82	4	4	4	....	....	....	....	0.1	....	....	....
4	699.6	(654.9)	13.9	9.3	71	90	10	7	9	....	....	....	....	....	....	....	....
5	703.6	657.7	14.7	10.5	70	81	7	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
6	705.0	659.7	16.2	12.3	63	72	1	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	701.9	656.7	14.9	11.2	68	72	2	0	0	....	....	....	....	0.1	....	0.2	....
8	696.6	650.4	8.6	5.2	90	93	10	8	9	0.1	....	....	....	....	....	0.3	....
9	697.6	652.4	14.5	12.6	68	61	4	5	5	....	....	....	....	....	....	....	....
10	699.0	653.0	11.5	7.7	94	100	10	10	10	**14.0**	....	**14.3**	....	**18.5**	....	**17.4**	....
11	701.5	655.5	11.9	7.3	80	93	10	8	9	0.1	....	....	....	0.2	....	0.2	....
12	700.4	654.9	12.9	9.1	79	83	9	6	7	13.0	....	8.4	....	7.6	....	6.2	....
13	699.5	653.6	12.3	8.2	85	95	9	10	10	5.1	....	6.8	....	8.0	....	7.0	....
14	698.8	652.1	**7.9**	**4.6**	**96**	100	10	10	10	4.1	....	5.3	....	6.3	....	6.1	....
15	698.7	652.3	9.9	5.4	62	74	10	8	8	0.1	....	....	....	0.1	....	....	....
16	700.8	654.3	10.8	7.1	68	62	7	7	5	0.1	....	....	....	0.1	....	....	....
17	701.3	655.4	12.1	8.0	63	72	2	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
18	697.9	652.7	12.6	11.1	59	53	5	6	4	0.1	....	....	....	....	....	....	....
19	**695.0**	**649.9**	14.2	11.4	76	70	8	5	9	1.2	....	1.8	....	1 8	....	2.0	....
20	698.9	652.7	12.9	9.2	76	77	8	7	7	2.1	....	3.0	....	4.0	....	4.1	....
21	702.6	656.3	10.6	7.4	93	88	10	9	10	8.2	....	8.3	....	12.6	....	12.3	....
22	705.4	659.0	9.9	5.3	82	96	10	9	10	0.2	....	....	....	1.2	....	2.2	....
23	704.6	658.9	12.5	8.0	72	87	6	5	5	....	....	....	....	0.1	....	....	....
24	704.3	658.9	13.5	11.8	74	72	7	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
25	706.3	660.7	17.4	13.5	59	64	2	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
26	707.9	662.7	18.8	14.7	57	61	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	707.5	662.7	20.5	16.1	58	60	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	707.5	662.8	20.6	17.3	61	60	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
29	707.5	**663.5**	**24.6**	**18.5**	**52**	**53**	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
30	**708.2**	662.7	15.9	14.0	81	75	4	8	6	13.3	....	12.4	....	14.7	....	16.2	....
MOIS	701.77	656.28	+14.04	+10.29	73	77	6.1	5.7	5.8	74.7		72.1		89.9		89.2	

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	699.91	699.52	700.17	699.87	(654.53)	(654.43)	(655.13)	(654.70)
2me » ...	699.30	698.76	699.75	699.27	653.41	652.98	653.67	653.35
3me » ...	706.02	705.84	706.68	706.18	660.42	660.60	661.37	660.80
Mois..	701.75	701.37	702.20	701.77	656.12	656.00	656.72	656.28

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+11.30	+16.60	+13.98	+13.96	+10.3	+18.8
2me » ...	9.78	14.22	11.24	11.75	9.0	16.2
3me » ...	13.34	18.80	17.13	16.42	11.9	21.8
Mois..	11.47	16.54	14.12	14.04	10.4	18.9
	Dailly					
1re décade...	+8.52	+11.43	+10.27	+10.07	+7.0	+13.7
2me » ...	6.98	9.81	7.59	8.13	5.5	11.7
3me » ...	10.96	14.04	13.00	12.67	9.2	16.5
Mois..	8.82	11.76	10.29	10.29	7.2	14.0

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	89	64	71	75	90	79	79	83
2me » ...	83	65	76	75	81	73	80	78
3me » ...	79	61	66	69	75	69	70	71
Mois..	84	63	71	73	82	74	76	77

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	6.4	6.8	6.6	6.6	6.0	6.0	5.8	5.9	6.0	6.4	6.3	6.2
2me » ...	6.6	8.9	7.9	7.8	7.3	7.5	6.3	7.0	6.5	6.6	7.7	6.9
3me » ...	3.2	5.0	3.7	4.0	3.7	4.5	4.2	4.1	3.3	4.5	4.7	4.2
Mois..	5.4	6.9	6.1	6.1	5.7	6.0	5.4	5.7	5.3	5.8	6.2	5.8

MOIS DE JUILLET 1903

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	**708.1**	**662.9**	+17.3	+13.7	68	78	1	2	1	....	....	....	....	....	....	0.2	....
2	707.0	662.3	19.9	15.4	64	77	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
3	706.8	662.6	**22.6**	**18.5**	66	59	4	3	3	3.0	....	3.8	....	4.8	....	4.9	....
4	706.6	662.3	20.4	15.8	74	79	3	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
5	704.1	659.5	19.9	15.7	65	79	8	8	8	**19.4**	....	**17.3**	....	**18.0**	....	**19.8**	....
6	703.0	657.7	14.6	11.2	91	**98**	10	9	10	7 0	....	6.5	....	5.9	....	5.1	....
7	704.6	658.5	12.6	7.8	**51**	67	9	8	7	....	....	....	....	0.2	....	....	....
8	707.0	660.6	**11.2**	**6.4**	53	71	10	10	9	0.8	....	1.0	....	1.7	....	1.5	....
9	707.9	662.0	12.8	7.9	60	67	6	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
10	707.4	661.2	15.3	11.7	59	61	0	0	0	....	...	....	....	....	....	....	....
11	706.1	660.8	18.5	13.9	71	71	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
12	702.3	657.7	20.3	17.1	59	**52**	0	0	0	0.2	....	0.2	....	0.4	....	0.6	....
13	700.6	656.0	19.1	16.4	74	66	9	7	6	5.0	....	7.6	....	8.2	....	5.8	....
14	702.5	657.7	17.9	14.1	65	62	7	5	5	....	....	0.2	...	0.1	....	....	....
15	704.3	659.2	19.1	15.2	53	59	2	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
16	702.4	658.1	21.7	17.2	58	64	4	6	2	0.6	....	0.6	....	0.9	....	0.6	....
17	**699.2**	**654.6**	16.1	13.4	**96**	**98**	10	10	9	8.5	....	8.9	....	7.8	....	8.0	....
18	699.3	654.9	17.8	14.4	71	84	7	7	6	9.8	....	9.5	....	7.7	....	6.1	....
19	701.9	656.6	14.6	11.4	89	89	10	8	9	8.0	....	8.1	....	6.9	...	8.5	....
20	705.1	659.5	13.8	11.0	79	82	10	9	9	5.7	....	5.5	....	5.4	....	6.0	....
21	707.6	661.9	12.4	8.5	86	94	10	10	10	6.2	....	5.4	....	8.3	....	6.5	....
22	705.4	660.1	13.9	12.1	64	73	1	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
23	700.4	656.0	16.9	15.1	77	70	9	9	9	10.6	....	10.0	....	10.3	....	10.4	....
24	703.9	657.8	12.5	9.2	73	81	10	9	9	2.7	....	2.3	....	2.6	....	3.0	....
25	704.9	659.4	14.5	10.9	60	69	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
26	704.4	658.6	14.4	11.2	72	69	7	9	8	8.4	....	7.9	....	7.5	....	8.2	....
27	705.3	659.6	15.8	10.6	67	71	7	6	6	0.3	....	0.1	....	0.2	...	....	....
28	705.0	659.4	16.0	12.9	68	66	9	9	7	0.1	....	....	....	0.1	....	0.2	....
29	701.8	656.9	16.7	13.8	75	73	9	8	6	10.3	....	11.5	....	9.9	....	8.9	....
30	701.7	655.3	13.1	9.4	78	84	10	10	8	1.5	....	1.7	....	1.4	....	2.4	....
31	705.7	659.6	12.3	8.5	67	68	8	7	8	0.2	....	0.5	....	0.4	....	0.4	....
MOIS	704.26	659.01	+16.26	+12.59	70	74	6.2	6.1	5.5	108.3		108.6		108.7		107.1	

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	706.53	705.79	706.38	706.23	661.05	660.65	661.20	660.96
2me » ...	702.29	702.07	702.76	702.37	657.41	657.29	657.80	657.50
3me » ...	704.17	703.87	704.55	704.20	658.57	658.45	658.79	658.60
Mois..	704.32	703.91	704.56	704.26	659.00	658.79	659.24	659.01

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+13.74	+19.52	+16.70	+16.65	+11.8	+21.7
2me » ...	15.40	21.10	17.18	17.89	14.0	22.5
3me » ...	12.35	16.96	13.95	14.42	10.9	18.9
Mois..	13.78	19.12	15.88	16.26	12.2	21.0
	Dailly					
1re décade...	+10.74	+14.10	+12.40	+12.41	+ 9.3	+16.4
2me » ...	12.89	16.01	14.31	14.40	11.1	18.0
3me » ...	9.66	12.74	10.92	11.11	8.0	15.0
Mois..	11.05	14.23	12.49	12.59	9.4	16.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	74	57	65	65	79	69	73	74
2me » ...	79	62	72	71	75	68	75	73
3me » ...	80	60	75	72	77	72	75	74
Mois..	78	60	71	70	77	70	74	74

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	5.3	6.0	4.7	5.3	5.6	5.7	4.8	5.4	5.1	5.4	4.7	5.1
2me » ...	5.2	5.9	6.5	5.9	6.0	3.8	6.3	5.4	4.7	4.4	5.4	4.8
3me » ...	7.0	7.8	7.0	7.3	7.7	7.2	7.2	7.3	6.6	6.0	7.3	6.6
Mois..	5.9	6.6	6.1	6.2	6.5	5.6	6.1	6.1	5.5	5.3	5.8	5.5

MOIS D'AOUT 1903

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	708.5	662.7	+12.4	+10.8	62	64	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
2	705.5	660.5	18.6	15.2	**47**	65	3	0	4	....	....	....	....	0.2	....	....	....
3	704.4	659.1	17.1	13.7	73	69	8	6	6	0.9	....	1.3	....	1.4	....	2.2	....
4	706.6	661.3	17.3	13.2	56	66	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
5	708.0	663.2	19.7	15.4	60	58	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	708.3	663.5	19.3	15.0	60	72	2	2	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	705.9	661.4	18.7	14.6	70	81	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
8	704.2	660.1	19.9	18.1	64	62	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	703.0	659.5	**22.6**	**19.3**	54	57	3	1	1	26.1	....	19.1	....	17.2	....	19.1	....
10	704.3	658.8	14.2	11.6	85	81	10	10	9	13.2	....	13.8	....	15.2	....	12.3	....
11	704.6	659.6	16.7	14.2	59	63	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
12	705.1	660.7	18.9	16.7	69	62	7	7	6	13.6	....	12.6	....	19.2	....	13.6	....
13	704.9	660.2	17.7	15.1	78	77	6	6	5	....	....	....	....	0.4	....	....	....
14	**699.2**	655.4	21.7	18.0	51	55	5	3	2	11.3	....	12.5	....	12.4	....	8.8	....
15	700.1	**655.1**	12.5	9.7	**89**	**99**	10	10	10	**28.7**	....	26.2	....	27.2	....	**28.0**	....
16	706.7	661.0	**11.4**	8.7	66	63	5	5	7	0.1	....	....	....	....	....	....	....
17	704.4	658.7	12.9	9.6	68	65	7	10	7	0.7	....	1.0	....	1.1	....	1.4	....
18	702.1	657.2	17.1	14.8	60	59	7	6	7	7.2	....	4.9	....	3.5	....	3.8	....
19	700.7	655.5	13.3	**8.5**	85	79	9	10	10	26.4	....	**26.5**	....	**27.4**	....	27.3	....
20	705.4	659.7	12.7	9.6	62	68	1	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
21	702.5	658.4	18.5	18.1	52	**49**	4	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
22	702.6	658.3	18.9	17.2	72	72	3	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
23	702.7	658.0	18.4	14.8	67	62	7	6	7	7.2	....	6.2	....	6.2	....	4.8	....
24	704.4	659.6	14.6	13.1	69	74	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
25	705.7	660.6	14.3	10.9	72	80	8	7	7	4.5	...	3.7	....	2.8	....	3.6	....
26	709.3	663.8	13.8	10.4	68	72	4	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
27	**710.5**	**664.7**	14.3	12.8	72	75	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	708.4	664.1	17.7	14.9	63	60	0	2	2	....	...	....	....	....	....	....	....
29	706.5	662.1	18.9	16.8	58	62	5	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
30	708.1	663.2	17.7	13.7	67	75	4	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
31	708.5	664.0	17.9	15.7	69	61	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	705.20	660.33	+16.76	+ 13.88	66	68	3.9	3.7	3.6	139.9		127.8		134.2		124.9	

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne m.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	706.14	705.60	705.87	705.87	661.09	660.94	661.00	661.01
2me » ...	703.36	703.12	703.44	703.31	658.32	658.45	658.18	658.32
3me » ...	706.11	705.86	706.92	706.30	661.33	661.27	662.00	661.53
Mois..	705.24	704.89	705.46	705.20	660.28	660.25	660.45	660.33

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+15.38	+20.14	+18.38	+17.97	+12.1	+23.2
2me » ...	13.68	17.62	15.12	15.47	11.0	19.8
3me » ...	14.11	19.73	16.67	16.83	12.7	22.0
Mois..	14.38	19.18	16.72	16.76	12.0	21.7
	Dailly					
1re décade...	+12.67	+16.61	+14.81	+14.70	+10.9	+18.5
2me » ...	10.52	14.23	12.74	12.50	8.1	16.4
3me » ...	12.06	17.32	13.85	14.41	9.7	18.7
Mois..	11.76	16.09	13.80	13.88	9.6	17.9

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	72	58	59	63	72	64	66	67
2me » ...	76	66	64	69	75	67	65	69
3me » ...	72	59	68	66	72	62	69	67
Mois..	73	61	64	66	73	64	67	68

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	3.0	2.4	4.0	3.1	2.5	2.5	2.2	2.4	2.8	2.3	2.6	2.6
2me » ...	6.2	6.3	4.4	5.6	6.8	5.9	5.3	6.0	6.3	5.1	5.5	5.6
3me » ...	2.7	3.1	3.6	3.1	2.5	2.8	2.6	2.7	2.5	2.8	3.2	2.8
Mois..	3.9	3.9	4.0	3.9	3.9	3.7	3.4	3.7	3.8	3.4	3.7	3.6

LA
MALADIE DU SOMMEIL
REVUE

PAR

le prof. Ad. D'ESPINE

avec une note sur le genre Trypanosoma

PAR

le prof. YUNG

La maladie du sommeil est connue depuis longtemps parmi les nègres de l'Afrique équatoriale. Signalée pour la première fois par Winterbottom [1] en 1803 parmi les esclaves noirs du littoral du golfe de Bénin et particulièrement chez les nègres Poulahs, elle attira en 1840 l'attention de Clark [2], fixé à Sierra Leone, qui l'a observée chez les tribus de l'intérieur et parmi les nègres de l'Etat de Liberia.

En 1876, Corre [3] en décrit neuf cas observés chez des tirailleurs indigènes à l'hôpital maritime de Saint-Louis (Sénégal). A Saint-Louis, la maladie du sommeil (hypnose) est plus rarement observée qu'à Gorée ; elle

[1] A account of the native Africans in the neighbourhood of Sierra Leone. London 1803, vol. 2.

[2] *London med. Gaz.* 1840, p. 970.

[3] *Gaz. médicale de Paris*, 1876, p. 545.

est endémique au Gabon et en Sénégambie, elle atteint seulement les noirs et décime les petites garnisons de tirailleurs indigènes à Portudal et à Joal sur le littoral du Baol et du Sin (au sud de Dakar). Corre fait remarquer qu'on ne trouve aucune trace de description se rapportant à la maladie du sommeil dans Labat et Adanson qui visitèrent Portudal au XVIIIe siècle. Tout en admettant comme cause une intoxication d'origine inconnue, il insiste sur la fréquence de la maladie parmi les captifs et serait disposé à attacher une certaine importance prédisposante à l'influence si profondément dépressive de la nostalgie.

C'est, en effet, chez les nègres du Congo et du Gabon importés aux Antilles françaises, qu'a été observée la maladie du sommeil par divers médecins de marine délégués à l'immigration, tels que Dangaix[1] qui en a soigné trois cas à l'hôpital de la factorerie française du Congo. Griffon du Bellay[2], attaché à l'hôpital flottant de la *Caravane*, compte un *somnolent* sur cent émigrants africains qui meurent dans les traversées du Congo aux Antilles. Carles[3] a laissé une relation médico-hygiénique de cinq voyages à l'émigration africaine ; Nicolas[4], Gaigneron[5] et Guérin[6] ont étudié la maladie aux Antilles françaises chez les noirs importés du Congo. Sur 148 cas traités par Guérin à la Martinique, une seule guérison avait été obtenue

[1] *Moniteur des hôpitaux,* n° 100, 1861 (et *Gaz. hebd.*, 1861, p. 57).

[2] *Arch. de méd. navale.* 1864, t. I, p. 73.

[3] *Thèse de Montpellier,* 1863.

[4] *Gaz. hebdom.* 1861, p. 670.

[5] *Recueil de mémoires de méd. milit.*, 1864, t. XI, p. 449.

[6] De la maladie du sommeil. *Thèse de Paris*, 1869.

chez un malade traité dès le début des accidents. Guérin a fait 32 autopsies et a trouvé en somme fort peu de lésions ; ce qui dominait, était la congestion cérébrale. La description symptomatologique par contre est très complète ; il n'y a rien à y ajouter.

D'après Nicolas, l'*hypnose* est propre aux nègres africains et n'a jamais été observée aux Antilles chez les noirs indigènes ; par contre, un noir émigrant d'Afrique arrivé en parfaite santé peut contracter la maladie à la Guadeloupe, même au bout d'un certain temps de séjour.

Depuis cette époque jusqu'en 1900, les rares publications sur la maladie du sommeil démontrent la présence de l'endémie sur la côte occidentale d'Afrique, du Sénégal à Saint-Paul de Loanda, ainsi qu'aux îles du golfe de Guinée (Fernando Po, Saint-Thomas, île du Prince) ; la plupart sont dues à des médecins portugais.

Ce n'est guère qu'à partir des quatre dernières années du siècle que commença à se dessiner une extension épidémique vers le centre de l'Afrique équatoriale, évidemment explicable par les communications rapides établies par l'ouverture de l'Afrique équatoriale au commerce européen (Dr Moffat)[1].

La maladie du sommeil paraît avoir pris dans le Congo une extension meurtrière et a été observée non seulement dans le bas Congo, mais jusqu'aux Stanley Falls. Brumpt[2] signale en 1902 une épidémie d'hypnose parmi les pêcheurs de Banamia sur le Congo, qui

[1] Preliminary notes on sleeping Sickness by the principal medical Officer, June 17 1901. *(Foreign Office Despatch).*

[2] *Comptes rendus de la Société de Biologie.* Séance du 27 juin 1903.

réduisit leur nombre de 3000 à 300. C'est du Congo qu'ont été amenés à Paris par Brumpt les trois nègres atteints de la maladie qui ont été présentés à l'Académie de médecine par le professeur Blanchard le 20 octobre 1903 et qui ont succombé depuis lors à l'inexorable maladie.

Ce n'étaient pas d'ailleurs les premiers cas importés en Europe. En 1891, Mackenzie [1] avait publié l'observation d'un cas qu'il avait soigné à London Hospital, et, en 1903, le professeur Manson [2] publia le premier cas certain de maladie du sommeil observé sur une dame européenne provenant du Congo. Le Dr Mott en fit l'autopsie et démontra que la lésion de la maladie du sommeil était une méningo-encéphalite.

Il nous reste à dire quelques mots de l'extension de la maladie à Uganda, dans le centre de l'Afrique équatoriale, qui a permis de fixer d'une façon certaine l'étiologie de la maladie du sommeil.

D'après le Dr Christy [3], c'est au mois d'avril 1901 que les premiers cas de maladie du sommeil furent observés et soignés à Mengo (Uganda) à l'hôpital de la Church missionary Society par les Drs A.-R. et J.-H. Cook. Cette maladie appelée *m'gota* par les indigènes paraissait toute nouvelle dans le pays; il est probable qu'elle avait été importée dans le Busoga vers 1896 par des nègres du Congo qui avaient suivi les débris de l'armée soudanaise d'Emin Pacha.

[1] On a case of Regro lethargy. *Tr. Clin. Soc. Lond.*, 1891, t. XXIV, p. 41.

[2] *Brit. med. Journ.* 1903. I, p. 1249, et II, p. 1461.

[3] C. Christy. The Distribution of sleeping sickness in East equatorial Africa. — *Royal Society. Reports of the sleeping sickness Commission.* II, p. 15, III, p. 7 (novembre 1903).

Le nombre des cas se multiplia d'une façon inquiétante et fut l'objet d'une première enquête par le Dr Hodges, le médecin officiel sanitaire du Busoga. Il constata que l'épidémie s'étendait sur toute la côte nord du lac Victoria et dans les îles qui la bordent et avait coûté la vie déjà à 20,000 personnes dans le Busoga.

A l'arrivée de ces nouvelles la Société royale envoya en 1902 une première mission scientifique composée de MM. Christy, Castellani et Low, et une seconde en 1903 composée de MM. Bruce, Nabarro et Greig, dont les rapports nous ont fourni les principaux éléments de ce travail.

Description

Les auteurs les plus anciens, comme Dangeix et Nicolas, et les plus récents, comme Low et Castellani, divisent la maladie en trois périodes, depuis l'assoupissement fugitif et la simple tendance au sommeil jusqu'à la plus profonde léthargie.

La *première période* est mal caractérisée au début qui est habituellement insidieux et précédé d'une période d'incubation de durée variable. L'individu perd l'entrain pour le travail, il a une tendance invincible à s'asseoir ou à s'étendre, tout en continuant tant bien que mal ses occupations habituelles. Les traits habituellement éveillés et gais du nègre deviennent immobiles et apathiques. Les paupières sont à demi-fermées, comme si le malade ne pouvait arriver à les relever entièrement.

Quoique les facultés intellectuelles restent intactes jusqu'à la fin, le malade est long à répondre aux ques-

tions qu'on lui pose et sa parole est traînante, parfois embarrassée.

Il y a des poussées fébriles avec accélération du pouls durant de trois à quatre semaines; ce symptôme très important ne fait jamais défaut, d'après Low et Castellani. La fièvre est rémittente à température normale ou subnormale le matin et plus élevée le soir, sans dépasser toutefois 39°.

Les engorgements ganglionnaires ne manquent presque jamais, mais ils sont si fréquents chez les nègres qu'ils ont peu d'importance au point de vue du diagnostic.

La *seconde période* pourrait être appelée le stade du tremblement. En même temps que la somnolence augmente, on constate soit aux lèvres, soit sur la langue, un tremblement vermiculaire constant, qui rappelle celui de la paralysie générale. Le tremblement peut s'étendre également aux membres; aux bras, il prend volontiers la forme du tremblement intentionnel de la sclérose en plaques, aux jambes il donne à la démarche quelque chose de saccadé, qui a fait croire parfois à de l'ataxie. Ce fait d'ailleurs est rare, car la démarche des malades est habituellement lourde, les pieds ont de la peine à se détacher du sol. Parfois le tremblement du tronc et des jambes est si fort qu'il secoue le lit du malade. L'appétit est conservé et souvent même exagéré. Néanmoins le malade maigrit. La peau perd de son luisant; elle devient sèche et rugueuse. Parfois elle est le siège d'éruptions prurigineuses ou pustuleuses.

La *troisième période* est celle de la léthargie. Elle est caractérisée tout d'abord par un affaiblissement

musculaire général, sans paralysie véritable. Les malades restent confinés au lit ou bien, comme le montrent les photographies prises dans l'Uganda par Christy, on les trouve assis contre un arbre avec les genoux repliés, le corps décharné, l'aspect stupide et plongés dans un profond sommeil. Ils s'éteignent ainsi sans souffrance. Plus rarement la scène se termine par des contractures et des convulsions ou par des complications (ulcérations par décubitus, pneumonie, etc.) L'hypothermie n'est pas rare à cette dernière période et est toujours d'un fâcheux pronostic.

La *marche* de la maladie est habituellement chronique. La mort arrive au bout de quatre à huit mois; il est extrêmement rare de la voir dépasser une année. Par contre, il existe des cas aigus qui se terminent en un ou deux mois.

Le *pronostic* paraît absolument fatal, quoique Christy ait entendu parler de deux ou trois cas de guérison et que Rey[1] ait publié un cas de guérison d'après Cauvin. Il est probable qu'il ne s'agissait que de rémissions passagères.

L'*anatomie pathologique* a démontré, dans les autopsies faites en Uganda, une méningo-encéphalite et une méningo-myélite; les lésions étaient identiques à celles qui ont été décrites récemment par Mott. Au microscope, on a trouvé sur toute la surface du cerveau, sous la pie-mère, une infiltration de leucocytes mononucléaires. Elle s'étendait également aux méninges rachidiennes.

Etiologie.

Les nombreuses hypothèses émises sur la cause de la

[1] *Dict. de méd. et de chirurg. pratique*, t. XXXIII, p. 303, 1882.

sleeping sickness n'ont plus qu'un intérêt historique depuis les travaux des deux commissions anglaises envoyées dans l'Uganda. C'est en automne 1902 que Castellani constata la présence d'un trypanosome, protozoaire flagellé à mouvements ondulatoires rapides, dans le liquide céphalorachidien des malades. 10 cc. de liquide obtenus par la ponction lombaire étaient centrifugés et le léger dépôt ainsi obtenu contenait des leucocytes mononucléaires et des trypanosomes, faciles à trouver grâce à leurs mouvements agiles.

Castellani les trouva dans 70 °/₀ des cas qu'il put examiner (34) dans le liquide céphalorachidien et une seule fois dans le sang; il les trouva absents dans le liquide céphalorachidien de 12 indigènes sains.

La nouvelle commission qui arriva à Entebbe, sur le lac Victoria, 16 mars 1903, confirma la découverte de Castellani et ajouta de nouvelles preuves en faveur de l'action pathogène spécifique du *Trypanosome Ugandense* que Kruse a proposé d'appeler *Trypanosoma Castellanii*.

Le liquide céphalorachidien de tous les malades atteints de maladie du sommeil examinés contenait des trypanosomes.

En appliquant à l'étude du sang du doigt des malades une technique spéciale (adjonction de citrate de potasse pour empêcher la coagulation et plusieurs centrifugations successives), le trypanosome fut constaté également dans le sang périphérique de tous les malades.

Par contre, l'examen du sang de la population saine démontra l'absence du trypanosome chez 170 natifs appartenant à une zone non infectée par la maladie du sommeil.

Sur 80 natifs habitant la zone infectée, la présence du trypanosome dans le sang fut notée chez 23 d'entre eux, d'ailleurs parfaitement bien portants en apparence et faisant leur travail journalier.

Le trypanosome trouvé en pareil cas ne se distinguait en rien du trypanosome de la maladie du sommeil trouvé dans le liquide céphalorachidien. Les différences trouvées précédemment et consistant pour ce dernier dans une largeur moindre, le rapprochement du micronucléus de l'extrémité postérieure et la présence d'un plus grand nombre de points chromatiques, ne paraissent avoir aucune importance, puisque les mêmes trypanosomes du liquide céphalorachidien, injectés dans le sang du singe, deviennent identiques à ceux trouvés dans le sang des natifs de l'Uganda.

D'ailleurs le trypanosome fut également constaté dans le sang d'un Européen et de quelques natifs atteints d'accès fébriles qui n'étaient pas dus au parasite de la malaria et rappelaient la maladie décrite par Dutton en Sénégambie sous le nom de trypanosonomiase fébrile.

Dutton[1] avait en effet examiné à Bathurst, en décembre 1901, le sang d'un Anglais de 42 ans, atteint d'une fièvre qui avait résisté à la quinine et avait trouvé dans son sang, surtout au moment des accès, un trypanosome qu'il avait appelé *Tryp. Gambiense*.

La maladie de Dutton est caractérisée par sa marche chronique, par l'amaigrissement et la faiblesse musculaire, par des œdèmes localisés et des taches érythémateuses sur la peau, enfin et principalement par une fièvre rémittente peu élevée, revenant par accès. En 1902,

[1] *Brit. med. Journ.* 1902. II, p. 881.

l'Ecole de Liverpool pour les maladies tropicales envoya une expédition en Sénégambie, dont Dutton et Todd[1] publièrent les résultats. Sur plus de 300 individus dont le sang fut examiné à Bathurst et dans le Kommbo britannique, 5 seulement présentèrent le trypanosoma gambiense dans leur sang, soit un Européen et 4 nègres. Celui qui en avait le plus (23 dans une préparation microscopique), ne paraissait pas malade. En 1903, Dutton arrive à 7 cas de trypanosomiase sur plus de 1000 personnes examinées en Sénégambie.

En septembre 1903, Dutton[2] fit partie d'une nouvelle expédition envoyée dans le Congo, qui visita l'hôpital de Boma et parcourut tout le pays avoisinant jusqu'aux cataractes. Ces savants ne purent découvrir que six natifs atteints de vraie maladie du sommeil, chez lesquels ils constatèrent l'existence du trypanosome dans le liquide céphalorachidien pour tous les cas et dans le sang périphérique pour cinq cas.

Par contre, ils constatèrent souvent l'existence du trypanosome dans le sang du doigt des nègres examinés, dont les uns avaient toutes les apparences de la santé, dont les autres présentaient les symptômes de la maladie de Dutton ou quelques symptômes frustes de la maladie du sommeil, tels que de l'amaigrissement, une sécheresse et une rugosité spéciale de la peau, un peu de céphalagie.

Le problème à résoudre par la Commission de la Royal Society dans l'Uganda était donc multiple. S'agissait-il dans les cas de trypanosomiase sanguine du

[1] *Brit. med. Journ.* 1903. I, p. 304.

[2] Dutton, Todd et Christy. Human trypanosomiasis on the Congo. *Brit. med. Journ.* 23 janvier 1904, I, p. 186.

premier stade ou d'une forme atténuée de la maladie du sommeil ou bien le trypanosome de la maladie de Dutton était-il spécifiquement différent de celui de la Sleeping Sickness ?

En outre, le lieutenant-colonel Bruce, qui faisait partie de la Commission et qui avait démontré le rôle de la mouche tsé-tsé (*Glossina morsitans*) au Zululand dans la propagation de la Nagana due au *trypanosoma Brucei*, suggéra l'idée de rechercher si une mouche pareille ne pouvait être la cause de l'épidémie dans l'Uganda.

Une battue fut organisée dans tout le pays qui démontra la présence d'une mouche tsé-tsé, voisine de celle du Nagana, la *Glossina palpalis*, très abondante dans toute la zone infectée de l'Uganda[1].

Il restait à en démontrer le rôle pathogène en l'expérimentant sur des singes. Dans une première série d'expériences, un lot de mouches tsé-tsé qui avaient piqué des malades atteints de la maladie du sommeil, fut enfermé dans des cages avec cinq singes bien portants exempts de trypanosomes. Dans les cinq expériences, on trouva des trypanosomes dans le sang du singe, dans un espace de temps variable, mais qui ne fut jamais moindre de quarante-huit heures après la piqûre de la tsé-tsé.

Dans une seconde série d'expériences, on se servit de mouches tsé-tsé prises en liberté près des huttes de gazon qui abritent les ouvriers nègres qui travaillent au

[1] Les deux cartes annexées à la page 34 du *Report IV of the sleeping sickness Commission* montrent clairement l'identité de distribution de la maladie du sommeil et de la Glossina palpalis sur la côte septentrionale et les îles du lac Victoria Nyanza.

bord du lac et ont fourni un fort contingent à la maladie du sommeil. Ces mouches mises en cage au laboratoire d'Entebbe transmirent des trypanosomes au sang de trois singes.

L'identité du Trypanosome de la maladie du sommeil et de la maladie de Dutton a été rendue très probable par une autre série d'expériences. Cinq singes inoculés avec du liquide céphalorachidien contenant le trypanosome de la maladie du sommeil, présentèrent des trypanosomes dans le sang ; l'un d'eux mourut avec tous les symptômes de la sleeping sicknes.

L'injection à cinq autres singes de sang contenant des trypanosomes et provenant d'individus n'ayant aucun symptôme de la maladie du sommeil (maladie de Dutton) donnèrent des trypanosomes dans le sang des singes. L'un d'eux mourut au bout de trois mois avec tous les symptômes de la maladie du sommeil et présenta à l'autopsie les lésions caractéristiques de cette affection avec des trypanosomes dans le liquide des ventricules latéraux.

Voilà donc une expérience très concluante en faveur de l'identité de l'agent des deux maladies.

La preuve que la maladie du sommeil n'est qu'une des formes chez l'homme de la trypanosomiase fébrile produite par la piqûre de la mouche tsé-tsé a été donnée récemment par une observation de Sir Patrick Manson [1].

Une anglaise, la femme d'un missionnaire à Monsembé dans le Haut-Congo fut piquée à la jambe par un

[1] *Brit. med. Journ.*, 5 décembre 1903, II, p. 1461.

taon (glossina palpalis?)[1] La piqûre s'envenima et la femme fut atteinte quinze jours après d'une longue série d'attaques de fièvre rémittente avec engorgement du foie et de la rate et des poussées d'érythème annulaire. Elle dut être rapatriée en Angleterre où elle arriva en décembre 1901 ; elle eut une phlébite de la jambe gauche en mai 1902 et fut soignée par Manson en octobre 1902, qui constata la présence dans le sang de trypanosomes. Il se produisit une amélioration sensible dans son état; en mai 1903 il n'y avait point de fièvre et la femme présentait l'apparence de la santé, quoiqu'elle eût encore des trypanosomes dans le sang. Elle prit froid en automne. La fièvre reparut et en octobre 1903 la malade présenta les premiers signes de la maladie du sommeil à laquelle elle succomba dans la léthargie la plus accentuée le 26 novembre 1903. A l'autopsie on trouve une méningo-encéphalite avec infiltration leucocytaire mononucléaire caractéristique.

Il semblerait donc indiqué de supprimer dans la nomenclature des trypanosomes les deux espèces distinctes de *Tryp. Gambiense* (Dutton) et de *Tryp. Ugandense* (Castellani) pour les remplacer par une appellation unique *Trypanosoma hominis*, nom qui avait été proposé par Sir Patrick Manson.

LES TRYPANOSOMIASES ANIMALES.

Nous ne pouvons ici que donner l'énumération des maladies animales classées aujourd'hui et qui sont dûes à la présence d'un trypanosome dans le sang.

[1] Brumpt a démontré qu'elle existe dans le Congo et principalement en grande abondance sur les bords des fleuves.

Nous connaissons, à l'heure actuelle, quatre maladies animales sévissant dans les diverses parties du monde et qui sont toutes dues à des trypanosomes.

Comme le remarquent Laveran et Mesnil[1] dans un travail auquel nous empruntons les données suivantes, ces épizooties, en dehors du fait qu'elles ont pour agent causal un tryponosome, ont des caractères communs indéniables : anémie, presque toujours fièvre rémittente, œdème des organes génitaux et des extrémités, lésions de l'œil et des paupières, amaigrissement graduel malgré la conservation de l'appétit, faiblesse musculaire, parésie surtout marquée au train postérieur, pouvant aller jusqu'à la paralysie complète, etc.

I. *Surra.*— La plus ancienne connue est le « Surra » de l'Inde qui sévit non seulement dans l'Inde anglaise et la Birmanie, mais en Perse, au Tonkin et aux Indes néerlandaises. Elle est mortelle pour les Equidés, pour les chameaux, la chèvre, le mouton et le chien, tandis que les Bovidés guérissent généralement du Surra. Rogers a démontré que les taons asiatiques (Tabanus tropicus et Tabanus lineola) jouent le rôle pathogène pour le Surra que les mouches tsé-tsé jouent en Afrique pour le Nagana et la maladie du sommeil. C'est en 1880 que Griffith Evans trouva dans le sang des animaux atteints du Surra un trypanosome qui a été appelé d'après lui *Tr. Evansi.*

II. *Nagana.* — Cette maladie si redoutée chez les animaux domestiques de l'Afrique Australe était déjà connue de Livingstone, qui l'attribuait à un venin pro-

[1] *Annales de l'Institut Pasteur*, 1902, tome XVI, page 54.

pre à la mouche tsé-tsé (*glossina morsitans*), Il avait déjà remarqué l'immunité pour cette maladie des animaux sauvages, tels que les buffles, les zèbres, les cochons et les antilopes qui prospèrent dans les pays où sévit la tsé-tsé. Il est très probable que chez les animaux en question, il n'y a pas immunité, mais tolérance très grande pour les parasites, qui arrivent à vivre dans le sang en petit nombre, sans occasionner de troubles graves.

Les indigènes de l'Afrique Centrale ont remarqué depuis longtemps que la présence du gros gibier favorisait l'apparition de la maladie de la tsé-tsé et Foa[1] constata que les régions d'où disparaît le gros gibier, s'assainissent.

C'est dans le Zoulouland que David Bruce l'a étudiée et qu'il a démontré en 1895, qu'elle est dûe à l'inoculation de trypanosomes aux animaux domestiques par la mouche tsé-tsé, qui n'est pas venimeuse par elle-même, mais qui puise les parasites dans le sang d'animaux malades. Les trypanosomes ne peuvent vivre au-delà de 48 heures dans l'organisme de la tsé-tsé. Le Nagana (mot *zoulou* d'après Bruce) est non seulement le fléau de l'Afrique Australe, mais a été observé aussi au Congo belge, dans l'Afrique orientale anglaise et allemande, dans le Togo, au Soudan, au pays des Somalis. Par contre, il est inconnu dans l'Afrique septentrionale.

La maladie est invariablement fatale chez le cheval, la mule, l'âne (excepté chez les ânes de Massaï d'après Koch) et le chien. Elle est très grave chez les Bovidés,

[1] Du Cap au lac Nyassa, Paris, 1897, p. 148.

dont pourtant un léger pourcentage guérit. Par contre, les moutons et les chèvres d'Afrique, sont très résistants au Nagana.

Le trypanosome du Nagana a reçu le nom de *Trypanosoma Brucei.*

III. *Mal de Caderas.* — Le mal de Caderas (maladie de la croupe) ainsi nommé parce qu'à côté des signes communs au Surra et au Nagana, il s'accompagne d'une parésie du train postérieur, sévit sur les Équidés, dans la région du Chaco, vaste territoire au centre de l'Amérique du Sud entre la Bolivie, le Paraguay et la République Argentine. Les Bovidés sont absolument réfractaires. Les singes inoculés succombent très rapidement, les chiens et les moutons plus lentement.

Elmassian a découvert en 1891 que cette maladie est due à la présence dans le sang d'un trypanosome nommé *Tryp. equinum* par Voges, qui ressemble beaucoup au trypanosome du Nagana.

IV, *Dourine.* — La Dourine ou maladie du coït qui sévit sur les Equidés reproducteurs en Algérie, au Maroc, à Tripoli, même en Espagne, en Turquie et en Hongrie, est dûe à un trypanosome décrit par Schneider et Buffard en 1899, mais qui avait été déjà entrevu par Rouget en 1896.

Au premier abord, Nagana ou Surra et Dourine paraissent très dissemblables. L'étiologie est en effet complètement différente. La contagion par le coït paraît le seul mode naturel de la diffusion de la Dourine et les premiers symptômes s'observent aux organes génitaux sous la forme de gonflement œdémateux et de suintement mucopurulent, à la suite desquels se développe un amaigrissement progressif avec affaiblissement du

train postérieur. La marche de la maladie est très lente ; comme symptômes spéciaux à la Dourine, il faut noter des plaques cutanées et vers la fin des paraplégies très prononcées qui s'expliquent à l'autopsie par des foyers de ramollissement de la moëlle.

Nocard a montré que des chiens très bien vaccinés contre la Dourine succombaient rapidement à l'inoculation du Nagana, de même que les expériences de Laveran et Mesnil ont prouvé que les animaux immunisés contre le Nagana sont sensibles au Caderas, de même que les animaux immunisés à la fois contre le Nagana et le Caderas sont sensibles au Nagana. On peut en rapprocher le fait que l'homme peut vivre impunément dans les pays à Nagana et ne paraît ressentir aucun inconvénient de la piqûre de la glossina morsitans.

Les différences de propriétés biologiques sont plus importantes pour différencier les diverses espèces du genre Trypanosoma, que les différences morphologiques. Ces dernières en effet sont très minimes, comme on peut s'en assurer en étudiant la planche de toutes les espèces de trypanosomes dessinées d'après nature par Lydia Rabinowitsch et W. Kempner dans le *Central Blatt für Bacteriologie* 1903, Bd XXXIV, p. 822. Elles sont en outre variables suivant le milieu où on les examine (sang ou liquide céphalorachidien).

Nous terminerons cette rapide revue par l'insertion d'une note zoologique sur le genre Trypanosoma, que nous devons à l'obligeance de notre collègue M. le professeur Yung.

NOTE SUR LE GENRE TRYPANOSOMA

par le prof. Yung.

Les Trypanosomes n'ont été constatés avec certitude jusqu'ici que chez les Poissons, Amphibiens et Mammifères (Homme compris). Ceux attribués aux Oiseaux ne sont pas authentiques. La première espèce a été vue par Gruby (*C. R. Acad. des Sciences*, Paris, t. XIII, p. 1134) en 1843, dans le sang de la grenouille; c'est lui qui créa le genre *Trypanosoma* et l'espèce *Tr. sanguinis*, à laquelle Ray Lankester donna en 1871 le nom de *Undulina ranarum*, sous lequel elle est plus connue des zoologistes.

Depuis lors, nombre de formes analogues ont été rencontrées dans le sang d'autres Vertébrés, mais à cause de l'insuffisance des descriptions qui en ont été données, il est difficile de les rattacher sûrement au genre *Trypanosoma*, lequel, d'ailleurs, n'a pas été défini morphologiquement par Gruby. Plusieurs de ces formes de Flagellés parasites doivent être attribuées à des genres voisins. tels que *Trichomonas*, *Trypanoplasma*, etc. En revanche, des formes parasites décrites sous d'autres noms sont assurément des Trypanosomes. C'est ainsi que Lewis a trouvé dans le sang du rat, en 1879, un Flagellé que Saville Kent (*Manual of the Infusoria*, 1880) a appelé *Herpetomonas* et auquel Laveran et Mesnil ont, en 1900, très légitimement donné le nom de *Trypanosoma Lewisi*. Depuis 1891, on réserve l'appellation de Trypanosome aux Flagellés hématozoaires qui satisfont à la diagnose suivante proposée par Laveran et Mesnil (*C. R. Acad. des Sciences*, Paris, t. CXXXIII, p. 131-137, 1901).

Flagellés à corps fusiforme présentant latéralement une membrane ondulante dont le bord épaissi se termine, en arrière, dans la seconde moitié du corps à une masse centrosomique et se prolonge en avant par un flagelle libre. Divisions binaires longitudinales inégales.

Les différences spécifiques ne sont pas toujours faciles à constater. Elles portent sur les dimensions du corps et du flagelle, sur le diamètre et la situation du centrosome, l'aspect du protoplasma, etc. Il faut, pour les voir, préalablement fixer et colorer ces organismes selon une méthode indiquée par Laveran (*C. R. Soc. de Biologie*. 9 juin 1900). Voici le catalogue des espèces considérées comme certaines jusqu'à la fin de 1903, rangées d'après les classes auxquelles appartiennent leurs hôtes, et avec la seule indication de leurs dimensions exprimées en *microns*, ainsi que, cas échéant, celle des maladies qu'elles produisent, car c'est le fait de ces dernières qui a valu aux trypanosomes leur grande célébrité actuelle.

Poissons.

1. *Trypanosoma rajæ*, Lav. et Mesn., dans le sang de *Raja punctata* et *R. mosaïca*. Longueur 75-80 avec le flagel. Largeur 6. Flagel 20.

2. *Tr. scylliumi*, Lav. et Mesn., dans le sang de *Scyllium stellare*. Long. 70-75 avec le flagel. Larg. 5-6. Flagel 14.

3. *Tr. cobitis*, Lav. et Mesn. (syn. *Hæmatomonas cobitis*, Mitrophanow) sang de *Cobitis fossilis*. Long.? Larg.?

4. *Tr. carassii*, Lav. et Mesn. (syn. *Hæmatomonas*

carassii. Mitrophanow) sang de *Carassius vulgaris*. Long.? Larg.?

5. *Tr. Remaki*, Lav. et Mesn., dans le sang de *Esox lucius*. Est très voisin des deux précédents et se présente sous deux formes différant par la taille :

a. var. *parva :* Long. 28-30 avec le flagel. Larg. 1,4. Flagel 14.

b. var. *magna :* Long. 45-47 avec le flagel. Larg. 2-2,5. Flagel 17-19.

6. *Tr. granulosum*, Lav. et Mesn., dans le sang de *Anguilla vulgaris*, dimensions variables, les grands : Long. 80 avec le flagel. Larg.? Flagel. 25; les petits : Long. 44 avec le flagel. Larg.? Flagel. 13.

7. *Tr. Soleæ*, Lav. et Mesn., dans le sang de *Solea vulgaris*. Long. 40. Larg.? Flagel. 8.

N. B. Les Trypanosomes des Poissons ne semblent pas être pathogènes; ils sont généralement peu abondants dans le sang des individus infestés. Aux précédents s'ajouteront peut-être même un certain nombre des formes signalées par Danilewsky et par Chalachnikow chez *Cyprinus Carpio, Tinca tinca*, *Cobitis fossilis*, *Perca fluviatilis*, etc., etc. (Voir sur leur morphologie le mémoire de Laveran et Mesnil : Des Trypanosomes des Poissons. *Archiv für Protistenkunde von Schaudinn* Bd. I, p. 475-498, 1902.)

Amphibiens.

8. *Tr. sanguinis*, Gruby (Syn. *Undulina ranarum*, Lankester), dans le sang de *Rana esculenta*, *R. temporaria*, *Hyla arborea*. Long. 40-80. Larg. 5-10. Flagel 10-12.

MAMMIFÈRES.

9. *Tr. Lewisii*, Lav. et Mesn. (Syn. *Herpetomonas Lewisi*, S. Kent), vulgo : trypanosome du rat, dans le sang de *Mus rattus*, *Mus decumanus*, *Mus rufescens* et du hamster, *Cricetus arvalis*. Long. 8-30 avec le flagel. Larg. 2-3.

Inoculé au cobaye, il y vit passagèrement et y subit une légère modification morphologique. D'autre part, quoique ne différant pas morphologiquement, ceux du rat inoculés au hamster ne se développent pas chez ce dernier et il en est de même de ceux du hamster inoculés au rat. Il semble donc qu'il existe deux races physiologiques dans l'espèce.

10. *Tr. Brucei*, Plimmer et Bradford, vulgo : trypanosome du *nagana* ou de la *tsétsé* (en Afrique, dans le sang du cheval, de l'âne, du veau, du buffle, du chameau, des chèvres, antilopes, cochons, chiens, etc., etc. Long. 25-30 avec le flagel. Larg. 1,5 à 2,5.

11. *Tr. Evansi*, Steel, vulgo : trypanosome du *Surra* (Inde), dans le sang du cheval, de l'âne, de l'éléphant, du chameau, des buffles, chiens, singes, etc. Long. 20-30. Larg. 1-2.

11. *Tr. equinum*, Voges (Syn. *Tr. Elmassiani*, Lignières) vulgo : trypanosome du *mal de Caderas* (Amérique du Sud) dans le sang du cheval, de l'âne, des bovidés, etc. Mêmes formes et dimensions que le *Tr. Brucei*, toutefois il diffère de ce dernier par l'extrême petitesse et la résistance aux colorants de son centrosome. (Laveran et Mesnil. *C. R. Acad. des sciences*, t. CXXXV, p. 838, 17 novembre 1902.)

N. B. Les maladies *Nagana*, *Surra et Caderas* cau-

sées par ces trois dernières espèces sont, contrairement a ce que l'on avait cru d'abord, trois entités morbides distinctes, quoique analogues. Laveran et Mesnil l'ont prouvé en démontrant que les animaux immunisés contre l'une de ces maladies ne le sont pas pour les autres, et réciproquement. (*C. R. Acad. des Sciences*, 17 novembre 1902, 22 juin et 6 juillet 1903.)

13. *Tr. equiperdum*, Doflein (syn. *Tr. Rougeti*, Lav. et Mesn.) vulgo : trypanosome du *mal du coït* ou *Dourine*, sur les muqueuses du cheval, de l'âne, du rat, des souris blanches, chiens, cobayes, lapins, etc. (pas chez les Ruminants). Long. 25-30 sans le flagel. Larg. 1-5.

14. *Tr. transvaaliense*, Lav., dans le sang du bœuf (Afrique du Sud). Se présente sous trois formes :

Petits. Long. 18 avec flagel. Larg.?

Moyens. Long. 30 avec flagel. Larg. 4-5.

Grands. Long. 40 à 50 avec flagel. Larg. 6.

Contrairement aux autres Trypanosomes, le *Tr. transvaaliense* a son centrosome très voisin du noyau. (Laveran *C. R. Acad. des Sciences*, t. CXXXV. p. 717, 3 novembre 1902).

15. *Tr. Theileri*, Lav. dans le sang des Bovidés auxquels il communique une maladie désignée sous différents noms, en particulier sous celui de *Galziekte* (maladie de la bile). Long. 30 à 65. Larg. 2-4. (Laveran, *C. R. Acad. des Sciences*, t. CXXXIV et CXXXV, 3 mars et 3 novembre 1902).

Homme.

16. *Tr. Gambiense*, Dutton, dans le sang de l'homme noir et blanc à qui il donne la *maladie de Dutton* ou

trypanosomose fébrile (Afrique). Long. 24,3. Distance du micronucléus à l'extrémité postérieure, 1,3.

17. *Fr. Castellanii*, Kruse (Syn. *Tr. Ugandense*, Castellani), dans le sang et le liquide céphalo-rachidien de nègres atteints de *maladie du sommeil*. Long. 21,7 (de 16 à 24). Larg. 2 à 2,5. Distance du micronucleus à l'extrémité postérieure 0,47.

Ces deux déterminations sont des moyennes d'observations faites par Bruce et Nabasso (*Reports on the Sleeping Sickness Commission R. Soc.* août 1903, n° 1, p. 24).

N. B. Il n'est guère douteux aujourd'hui que la maladie du sommeil ne soit la phase ultime de la trypanosomose fébrile de Dutton. Il y aurait donc lieu d'identifier ces deux dernières espèces entre elles et avec le *Tr. hominis*, nom donné par Manson à un trypanosome observé par Nepveu en 1893, dans le sang humain en Algérie. Toutefois, nos connaissances morphologiques sur les trypanosomes de l'homme ne suffisent pas pour trancher définitivement la question.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 21 janvier 1904.

P. van Berchem. Rapport présidentiel pour 1903. — Raoul Pictet. Liquéfaction des gaz. — Th. Tommasina. Variations d'intensité d'un champ magnétique sur l'air rendu conducteur par une flamme. Radioactivité des minéraux d'urane.

M. P. van Berchem, président sortant de charge, donne lecture de son *rapport sur l'activité de la Société* pendant l'année 1903.

M. le prof. Raoul Pictet décrit de nouvelles expériences sur la *liquéfaction des gaz* faites en collaboration avec M. Olzewsky. Ces essais montrent que la détente de l'hydrogène refroidi et comprimé à 200 atmosphères produit un échauffement; cet échauffement est nul à la pression de 100 atmosphères; à une pression plus faible, on observe un refroidissement.

M. Th. Tommasina communique un curieux effet produit, par les *variations d'intensité d'un champ magnétique, sur l'air rendu conducteur par une flamme.* L'on sait que les flammes ainsi que les rayons de Röntgen et les rayons de Becquerel, accélèrent la décharge d'un électroscope, et que cette accélération a sensiblement la même valeur quel que soit le signe de la charge.

M. Tommasina vient d'établir que ce n'est plus le cas pour les flammes reliées métalliquement au sol; non seulement la déperdition électrique devient alors beaucoup plus rapide, ce qui était connu, mais la décharge négative est moins accélérée que la positive dans le rapport de 3 à 5. Il était intéressant de reconnaître si cette différence d'action pouvait être modifiée par l'intervention d'un champ magnétique. Cette recherche, qui a amené à la découverte du phénomène que l'auteur va décrire, a été faite par les dispositifs suivants :

Le champ magnétique est produit par un électroaimant horizontal type de Faraday, fonctionnant avec une batterie de 8 accumulateurs. Un commutateur et un rhéostat ordinaire à 14 touches permettent de faire varier la direction et l'intensité du champ, dont la dimension entre les masses polaires est de 8 cent. L'électroscope utilisé est celui de M. Curie, auquel on a enlevé les deux disques et rallongé de 20 cent. la tige métallique supérieure isolée de façon à pouvoir placer son extrémité libre au dessus mais un peu en dehors des masses polaires de l'électroaimant. En face, de l'autre côté du champ, et en contrebas est placé un bec papillon à gaz avec sa flamme réduite à la dimension de 1,5 cent. La ligne allant du sommet de la flamme à l'extrémité de la tige de l'électroscope passe exactement par le centre de la ligne axiale du champ, à laquelle elle est normale et fait un angle de 45° avec le plan horizontal. La flamme et la tige se trouvent séparées par une distance de 11 cent. Le noyau de l'électroaimant ayant du magnétisme rémanent, pour établir exactement la valeur de l'accélération de décharge produite par la flamme sans champ magnétique l'on a transporté tout le dispositif loin de l'électroaimant. Pour avoir toujours, au départ, le même potentiel de charge on commençait chaque fois les lectures à la même division de l'échelle micrométrique de la lunette de l'électroscope. Voici les moyennes observées du temps employé pour la décharge de 20 divisions, dans une série de 16 modifications expérimentales qui sont les suivantes :

			Électrisations positive	Électrisations négative
I.	Sans flamme, sans champ magnétique		9′.32″	9′.24″
II.	Avec flamme isolée, sans champ magnétique		0′.17″	0′.18″
III.	Avec flamme reliée au sol, sans champ magnétique		0′.3″	0′.5″
IV.	Avec flamme isolée, avec champ magnétique	14...	10′.59″	10′.58″
V.	Sans flamme, avec champ magnétique	14...	21′.32″	20′.40″
VI.	Avec flamme reliée au sol, sans courant, avec action du magnétisme rémanent		3′.23″	0′.24″
VII.	» » » » » avec champ magnétique	1...	2′.55″	0′.31″
VIII.	» » » » » » » »	4...	2′.27″	0′.35″
IX.	» » » » » » » »	8...	1′.40″	0′.40″
X.	» » » » » » » »	12...	1′.22″	1′.3″
XI.	» » » » » » » »	13...	1′.11″	1′.10″
XII.	» » » » » » » »	14...	0′.58″	2′.43″
XIII.	» » » » » sans masses polaires, avec champ magnétique	1...	4′.10″	0′.43″
		14...	0′.37″	2′.50″
XIV.	» » » » » avec masses polaires, percées coniques tronquées, avec champ	1...	4′.40″	0′.48″
		14...	0′.56″	3′.8″
XV.	» » » » » avec masses pol., non perc., cylind., faces plan., avec champ	1...	4′.44″	1′.56″
		14...	0′.33″	6′.21″
XVI.	» » » » » » » » » » coniq. à bout arrondi, avec champ	1...	10′.36″	3′.14″
		14...	2′.11″	5′.52″

Si l'on construit les courbes données par les chiffres des expériences VI à XII l'on constate que les courbes se croisent à proximité du champ 13. En effet, avec ce champ on obtient des retards dans la déperdition électrique sensiblement les mêmes quel que soit le signe de la charge. Par l'examen des résultats de ces six expériences l'on voit que la déperdition négative se ralentit de plus en plus au fur et à mesure qu'augmente l'intensité du champ magnétique et qu'a lieu précisément le contraire pour la déperdition positive, dont on constate une diminution plus accentuée par un champ très faible. C'est cette anomalie apparente qui constitue l'effet curieux qu'il paraît utile de signaler, car il semble déceler une relation étroite entre le phénomène connu du diamagnétisme des flammes et la ionisation de l'air produite par les mêmes.

Si maintenant l'on rapproche certains des résultats de la série qu'on vient d'écrire, l'on découvre encore des autres faits qui pourront aider à expliquer le phénomène :

La confrontation des résultats des expériences I et V montre que même sans la présence d'une flamme, la déperdition d'une même quantité de charge quel que soit son signe se fait plus lentement, dans un temps plus que doublé sous l'action d'un champ magnétique, ce dernier semble donc produire une diminution de la conductibilité de l'air traversé par les lignes de force magnétiques.

Les résultats des expériences I, II et III mettent en évidence l'accélération de la décharge produite par une flamme isolée, et l'accroissement de cette action lorsque la flamme est reliée métalliquement au sol, ainsi que l'effet différent selon le signe de la charge dans ce dernier cas.

Si l'on rapproche les résultats des expériences II et IV, l'on voit que lorsque la flamme est isolée, le retard de la déperdition produit par le champ magnétique annule l'action de la flamme et agit également quel que soit le signe de la charge.

De même le rapprochement des résultats des expériences III et VI montre que lorsque la flamme est reliée au sol, le champ magnétique relativement très faible dû au magnétisme rémanent, est suffisant pour produire une

diminution très grande de la déperdition électrique positive, et très faible de la négative, montrant ainsi d'une manière frappante l'effet en question. Effet qui est nettement confirmé dans les 4 derniers dispositifs de la série.

M. Tommasina donnera l'explication du phénomène dans une prochaine communication, il ajoute seulement pour compléter, que le renversement du courant ne le modifie d'aucune façon, que le diamagnétisme connu de l'air et des flammes intervient certainement et peut aider à établir la nature de la ionisation qu'elles semblent produire.

M. Tommasina, dans une deuxième communication, donne les résultats de ses recherches sur la *teneur en propriété radioactive de quelques minéraux d'urane.* D'après les échantillons qu'il a examiné, on aurait la série décroissante que voici :

Autunite de St-Symphorien près d'Autun . .	10,0
Gummite de Johanngeorgenstadt	9,0
Trögerite de Schneeberg	4,3
Torbernite (Chalcolite) de Cornwallis . . .	3,8
Samarskite de Mitchell & Cie, New Caroline .	2,6
Torbernite (Chalcolite) de Lerbach	2,1
Pechblende de Joachimsthal en Bohème . .	1,9
Clévéite d'Arendal en Écosse	1,4
Ittriogummite d'Arendal en Écosse	1,1
Uranocircite de Bergen	0,9
Orangite (Thorite) de Brévig en Norvège . .	0,6
Zeunerite de Schneeberg	0,4

M. Tommasina dit que cette série n'a pas une valeur absolue, des fragments plus riches en minéral pouvant donner des autres chiffres et il ajoute que des fragments de Clévéite après avoir été soumis à la forte chaleur du creuset pour l'extraction de l'Hélium, conservent encore leur radioactivité, ce qui indique que ce gaz ne s'y trouve point en état de simple occlusion, mais qu'il semble bien produit par une transformation continue de l'émanation radioactive du radium, comme MM. Ramsay et Soddy l'ont reconnu, dans leur analyse spectrale de l'émanation du radium pur.

Séance du 4 février.

J. Briquet. Sur l'Acer Peronaï. Cladodes du Ruscus aculeatus. — F. Battelli. Pouvoir hémolytique du sérum et de la lymphe. — Ed. Claparède. — Théorie biologique du sommeil.

M. J. Briquet communique la *découverte* qu'il a faite dans le Jura savoisien *d'un hybride rarissime dû au croisement de deux érables, les Acer monspersulanum L. et Acer Opalus Mill.* Cet hybride est l'*Acer Peronaï* signalé en 1901 par le comte de Schwerin comme ayant été découvert par M. Perona dans la gorge du Masso del Diavolo près de Vallombrosa (Apennin toscan). M. Pax, dans sa récente monographie des Acéracées, mentionne en passant cette plante en ajoutant qu'elle lui est inconnue. Elle a été retrouvée en quatre localités différentes du Jura savoisien, par M. Briquet, toujours accompagnée des parents. L'auteur passe en revue les caractères de cette plante singulière, en particulier ceux que présentent la feuille et le fruit. L'*Acer Peronaï* et les deux érables dont il est issu doivent faire ailleurs de la part de l'auteur l'objet d'une publication plus détaillée.

Dans une seconde communication, M. J. Briquet fait part de diverses observations relatives à l'*anatomie et à la biologie des cladodes* du *Ruscus aculeatus*. Les auteurs qui ont traité de ces singuliers organes ont été beaucoup plus préoccupés de leur interprétation morphologique que des rapports qui existent entre leur organisation et le mode de vie de la plante. Seul M. Reinke a récemment donné des détails histologiques assez précis pour pouvoir être utilisés au point de vue écologique. M. Briquet ayant étudié à plusieurs reprises le petit-houx à l'état sauvage, dans son milieu, et ayant complété ses observations par l'anatomie de cette plante, est en mesure de compléter sur plusieurs points intéressants, les données de son prédécesseur. Ces points concernent particulièrement la structure des parois extérieures et latérales des cellules épidermiques, l'anatomie du chlorenchyme, le fonctionnement des cellules aquifères, la structure des marges des cladodes, l'organisation des stomates. L'auteur conclut de ses

observations que plusieurs des caractères épharmoniques de xérophilie du *Ruscus aculeatus* permettent à cette plante non seulement de résister aux chaleurs de l'été dans des stations très brûlées, mais encore de végéter pendant l'hiver, alors que le froid s'oppose à l'absorption de l'eau sans cependant arrêter la transpiration.

M. Battelli rapporte les résultats d'expériences faites dans le but d'étudier l'*origine de l'alexine hémolytique*.

L'alexine ne préexiste pas dans les liquides de l'organisme, mais est produite après la sortie du sang hors des vaisseaux. Metchnikoff et ses élèves admettent que l'alexine provient des leucocytes mononucléaires, mais ils n'ont pas déterminé si tous les mononucléaires (gros mononucléaires et lymphocytes) prennent part à la formation de l'alexine.

Pour résoudre cette question, l'auteur a étudié le pouvoir hémolytique du sang et de la lymphe du chien. Le pouvoir hémolytique a été dosé par la méthode de Mioni. Le sang et la lymphe ont été pris chez le chien, et on a fait agir le sérum de la lymphe et du sang sur les hématies de lapin. D'autre part on a compté le nombre des leucocytes renfermés dans un millimètre cube de lymphe ou de sang. L'auteur présente les résultats d'une de ces expériences prise comme exemple. Ces résultats sont rapportés dans le tableau suivant, où le pouvoir hémolytique est exprimé par la quantité d'hémoglobine calculée en grammes et mise en liberté par 5 cc. de liquide (sérum ou lymphe). Le nombre des leucocytes est calculé pour un millimètre cube de sang ou de lymphe.

Leucocytes	Lymphe du canal cervical	Lymphe du canal thoracique	Sang.
Gros mononucléaires	270	480	920
Lymphocytes	420	1330	650
Polynucléaires	—	—	7000
Hémolyse.	0 gr. 16	0 gr. 39	0 gr. 65

Ces résultats montrent que la quantité d'alexine hémolytique est proportionnelle au nombre des gros mononu-

cléaires, et que les lymphocytes n'en produisent pas, du moins en quantité appréciable. Les polynucléaires ne sécrètent pas non plus d'alexine hémolytique.

M. Ed. Claparède esquisse une *théorie biologique du sommeil.*

De l'avis de tous ceux qui se sont occupés de la question du sommeil, celle-ci est encore entourée d'obscurité. Cela vient de ce qu'on a toujours considéré les choses de trop près, sous l'angle exclusif du mécanisme physiologique immédiat, cérébral, au lieu d'envisager le sommeil d'un point de vue plus élevé, permettant de se rendre compte de la signification de ce phénomène au point de vue biologique, et de juger de ses connexions avec les autres phénomènes de la vie. La conséquence la plus nette de cette manière de faire a été de donner plus d'importance qu'elles n'en méritent probablement à certaines particularités physiologiques qui accompagnent le sommeil et d'élever ces particularités à la dignité de théories prétendant tout expliquer.

C'est ainsi que l'on a tour à tour regardé le sommeil comme la conséquence d'une asphyxie, d'une *intoxication* du système nerveux (Sommer, Pflüger, Preyer, Errera, etc.) d'une anémie cérébrale par *vaso-constriction* (Donders, Durham), d'une discontiguïté des neurones par rétraction de leurs dendrites (Rabl, Rückhardt, Duval). Ces théories — dont la première seule, d'ailleurs, mérite ce nom — ont toutes ceci de commun qu'elles considèrent le sommeil comme un état négatif, presque anormal[1], non comme une fonction, mais comme un simple arrêt de fonctionnement de l'organisme.

Cette manière de voir, il est vrai, n'est pas partagée par tous. Sergueyeff, Myers ont au contraire soutenu que le sommeil représente une phase ou une faculté positive de l'activité animale ; mais les arguments par lesquels il dé-

[1] Maudsley, par exemple, a placé son chapitre sur le sommeil non dans celui de ses livres qu'il a consacré à la Physiologie de l'esprit, mais dans sa Pathologie de l'esprit.

fendaient leur thèse reposaient sur une conception métaphysique, ou tout au moins jusqu'ici extra-biologique de l'Univers. De Sanctis dit aussi, dans son ouvrage classique sur les rêves : « Dormir est certainement une fonction positive de l'organisme et n'est pas seulement l'opposé de la veille [1] », et il le prouve par quelques exemples; mais il abandonne, aussitôt après, cette idée. Aug. Forel et O. Vogt [2] ont aussi considéré le sommeil comme un processus actif, ce qui leur a permis de formuler une théorie rationnelle de l'hypnotisme; ils n'ont pas cependant développé le côté biologique de cette hypothèse.

Il me semble évident, comme à ces derniers auteurs, que le sommeil est un acte positif, et non un simple état de repos; je voudrais montrer en outre qu'on peut le considérer, au point de vue biologique, comme un *instinct*. Dire qu'un phénomène est un instinct n'éclaire en rien, sans doute, les causes prochaines de son mécanisme, mais cela permet de le rapprocher d'autres phénomènes, et d'établir avec ceux-ci des comparaisons profitables. Dans le cas particulier, cette hypothèse réunit et coordonne entre eux des faits inexplicables ou contradictoires.

D'après la théorie toxique, le sommeil devrait être proportionnel à l'épuisement, ce qui n'est pas le cas (nouveaux-nés qui dorment beaucoup, vieillards qui dorment peu; insomnies des neurasthéniques); une promenade au grand air ne devrait pas favoriser le sommeil; des excès de sommeil ne devraient pas amener une tendance à toujours somnoler; la volonté ni la suggestion ne pourraient avoir de prise sur le sommeil; le sommeil ne pourrait pas être partiel, comme c'est souvent le cas, etc. Au contraire, la théorie « instinctive » du sommeil rend compte de tout cela. Elle permet en outre d'éviter cette hypothèse qui

[1] De Sanctis. Die Träume, 1901, p. 199.

[2] A. Forel. Der Hypnotismus. 3. Aufl. 1895, p. 50. — A. Vogt. *Zeitschr. f. Hypnotismus*, III, 1895, p. 318. — Cf aussi P. Janet. Les obsessions et la psychiasténie, 1902, p. 408 : « Par un côté, le sommeil est un acte, il demande une certaine énergie pour être décidé... et pour être accompli correctement. »

paraît bien anti-physiologique, d'une intoxication journalière du système nerveux, intoxication assez forte pour mettre l'organisme hors d'état pendant 7 à 8 heures chez les adultes, et pendant une quinzaine chez les enfants. Ajoutons encore que la sensation agréable du sommeil qui nous envahit n'a rien de commun avec le sentiment pénible d'un état d'asphyxie.

Un des caractères de l'instinct c'est la prévoyance. La plupart des instincts se manifestent plus ou moins longtemps avant que la conservation de l'individu ou de l'espèce soit réellement en danger : ainsi l'hirondelle quitte nos parages avant que les froids soient venus; l'oiseau prépare son nid un certain temps avant la ponte; l'animal se met en chasse avant d'être débilité par la faim. Le sommeil, lui aussi, semble agir par prévoyance et se manifester bien avant que l'organisme soit épuisé : un médecin pourra, s'il est appelé au moment où il s'apprête à s'endormir, passer la nuit sur pied, faire correctement une opération difficile, sans présenter les moindres signes de faiblesse ou d'intoxication, etc. Les nécessités de la lutte pour l'existence font aisément comprendre pourquoi s'est établie cette marge entre le moment où l'animal sent le besoin de se reposer et celui où le repos serait la conséquence fatale de son épuisement. *En frappant l'animal d'inertie, l'instinct du sommeil l'empêche de parvenir au stade d'épuisement;* l'organisme profite de cet arrêt momentané du travail musculaire, qui est une des sources principales des substances ponogènes, pour éliminer celles-ci avant que leur cumul ne devienne nuisible; il est possible aussi qu'en vertu d'un mécanisme encore inconnu, l'état de sommeil favorise les processus de réassimilation.

Par quels excitants cet instinct, ce réflexe hypnotique, serait-il mis en branle? La composition chimique du sang, les sensations de fatigue, l'obscurité, les impressions monotones, ainsi que les images associées empiriquement à l'idée du sommeil (celle du lit ou du lieu où l'on est accoutumé de dormir), sont des facteurs qui jouent un rôle important, surtout s'ils agissent de concert. Les centres du sommeil ne doivent évidemment pas être plus spécialisés

que ne le sont ceux des autres instincts qui utilisent les centres des fonctions générales (vision, motilité, etc.) ; les centres du muscle orbiculaire de l'œil, vaso-moteurs, moteurs, trophiques (?), doivent être intéressés ; peut-être faut-il admettre aussi un centre « inhibiteur de l'intérêt », dont l'action aurait pour effet de désintéresser[1] de la vie réelle l'individu qui va s'endormir, et, par suite, de l'empêcher de se soustraire à la léthargie qui l'envahit, ou d'en souffrir. Quant aux réactions produites (et qui constituent le sommeil proprement dit) mentionnons l'occlusion des yeux, l'anémie cérébrale par vaso-constriction (encore incertaine), l'inhibition complète ou partielle de l'intérêt, la recherche d'une couche, l'attitude du sommeil, peut-être des effets trophiques.

Cette conception positive du sommeil semble encore confirmée par les expériences de Kohlschütter, etc., sur la profondeur du sommeil ; les graphiques publiés ressemblent beaucoup aux courbes de fatigue : il semblerait que les centres du sommeil se fatiguent et qu'on se réveille par ce qu'on est fatigué de dormir. Portée sur le terrain de la pathologie, elle permettra peut-être de comprendre que, comme tout instinct, le sommeil peut être l'objet de dissolution, de perversion (insomnie, hystérie) ; elle nous paraît réconcilier dans une certaine mesure les opinions de Janet et de Sollier sur la nature de l'hystérie. En attendant de pouvoir développer plus longuement la théorie exposée, qui n'a pas, cela va sans dire, la prétention de tout expliquer, mais seulement d'attirer l'attention sur un côté trop négligé du problème, nous la résumerons ainsi :

Le sommeil n'est pas la conséquence d'un simple arrêt de fonctionnement, il est une fonction positive, un instinct, qui a pour but cet arrêt de fonctionnement : ce n'est pas parce que nous sommes intoxiqués, ou épuisés, que nous dormons, mais nous dormons pour ne pas l'être.

[1] Bergson a dit avec raison que « l'on dort dans l'exacte mesure où l'on se désintéresse ». (Le Rêve. *Bull. internat. Institut psych.* I, mai 1901, p. 118.)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

E. Maclagan-Wedderburn. Les seiches du Loch Ness (*Proceedings of the roy. Society of Edimburgh*, vol. XXV, part. I).

L'étude des seiches du Loch Ness entreprise par M. Maclagan-Wedderburn, à l'instigation du Lake Survey, a été inaugurée par lui en juin 1903 et poursuivie à l'aide d'un limnographe Sarasin acquis à ces fins par la Survey et installé à Fort Augustus, à l'extrémité S-O du lac.

Le Loch Ness présente trois types de seiches avec des périodes de 31.5, 15.3 et 8.8 min. La première correspond évidemment à l'oscillation uninodale. La seconde est celle de la seiche binodale. Ce dernier type est le plus habituel et le plus régulier. Il présente cette particularité remarquable que sa durée d'oscillation est plus petite que la moitié de l'uninodale, comme c'est le cas pour le lac de Genève, tandis que c'est l'inverse pour tous les autres lacs étudiés jusqu'ici conformément aux conclusions théoriques de M. Du Boys, qui explique l'exception du lac Léman comme résultant d'une combinaison de l'uninodale du grand lac avec la binodale du lac entier. Pour le lac Ness, qui a une forme allongée régulière et qui ne présente pas ces deux concamérations différentes, cette explication est insuffisante.

E.-R. Watson. Oscillations internes dans les eaux du Loch Ness (*Nature*, 24 décembre 1903, vol. LXIX, p. 174).

Des observations régulières des variations que la température des eaux du Loch Ness subit dans le sens de la

profondeur ont révélé à M. Watson un phénomène très remarquable. Il a constaté en effet qu'entre 100 et 300 pieds de profondeur la température varie d'une manière remarquablement périodique, la durée d'une période étant approximativement de trois jours. C'est à 200 pieds que la différence entre un maximum et un minimum est la plus forte, soit de 5° F environ. Mais la période est partout la même.

M. Watson en conclut qu'il se produit une oscillation interne, une seiche des couches profondes plus froides du lac, comme celle que l'on pourrait observer sur l'eau occupant le fond d'une auge et qui serait surmontée d'une couche d'huile plus légère. Des calculs approximatifs se basant sur l'idée que le balancement est de cette nature, donnent la période observée. L'amplitude de l'oscillation est très grande aux extrémités, elle peut atteindre 75 pieds.

L'auteur y voit l'effet de vents violents produisant un abaissement des isothermes supérieures vers l'extrémité opposée de celle à laquelle il souffle. Il se réserve de demander à des observations ultérieures la confirmation de ce curieux résultat, qui devra aussi se retrouver dans les autres lacs s'il suit une loi générale.

CHIMIE

Physikalisch-chemisches Centralblatt (Revue physico-chimique), publiée par M. Rudolphi. Berlin, Bornträger frères, 1904.

Cette nouvelle revue, publiée par M. Rudolphi avec le concours d'un grand nombre de chimistes compétents, a pour but de donner rapidement des analyses en allemand, en français et en anglais, faites autant que possible par les auteurs eux-mêmes, des travaux toujours plus nombreux dans le domaine de la chimie physique et de la chimie générale. Cette publication paraîtra chaque année en 24 cahiers de 2 feuilles grand in-8°, avec table détaillée annuelle, et rendra certainement de grands services.

Revue des travaux faits en Suisse.

E. Bamberger et A. Wetter. Diazotation du nitrobenzène (*Berichte d. Deutsch. Chem. Ges.* 37 (1904), 630, Zurich).

Ces auteurs ont constaté que la sodium-amide réagit sur le nitrobenzène d'après l'équation suivante :

$$C^6H^5.NO^2 + H^2N.Na = C^6H^5\ (N^2ONa) + H^2O$$

Il se forme un diazoatte de sodium normal que l'on obient toutefois avec un rendement minime à cause de son instabilité ; mais si l'on opère en présence de β naphtol, il se forme un colorant azoïque, le phénylazonaphtol, avec un rendement meilleur, sans toutefois qu'il soit bien élevé et qu'il s'approche du rendement exigé par l'équation :

$$C^6H^5NO^2 + NaNH^2 + C^{10}H^7OH = C^6H^5N^2\ (C^{10}H^6OH) + NaOH + H^2O.$$

20 gr. de nitrobenzène n'ont donné par la méthode décrite par les auteurs que 0.38 gr. de phénylazonaphtol, mais cette diazotation inverse, en quelque sorte, n'en est pas moins curieuse et intéressante. Il va sans dire que les auteurs ont constaté par l'expérience que la formation de ce colorant n'est pas due à une transformation première du nitrobenzène en aniline, et de la sodium-amide en nitrite de soude qui auraient ensuite réagi sur le β naphtol de la manière connue.

BOTANIQUE

Ludovic Legré. Les deux Bauhin, Jean-Henri Cherlier et Valerand Dourez. Marseille, H. Aubertin et G. Rolle, 1904.

Ce livre forme le sixième et dernier volume de la série que l'auteur a consacrée à *La botanique en Provence au XVIe siècle*. Après avoir retracé à grands traits la carrière des frères Bauhin, M. Legré s'est attaché à relever dans leurs ouvrages toutes les plantes de Provence qui s'y trouvent mentionnées et à en indiquer les noms botaniques modernes. Un index alphabétique de ces noms est placé à la fin du volume.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux concernant la Géologie de la Suisse.

1902

I. *Minéralogie et Pétrographie.*

1. Baumhauer, H. Ueber einen neuen flächenreichen Krystall von Seligmannit. *Sitzungsber. der K. preuss. Akad. der Wiss. zu Berlin*, t. XXVIII, p. 611-614.
2. Baumhauer, H. Mineralien aus dem Binnenthal (Canton Wallis). *Eclog. geol. Helv.*, t. VII, p. 351-353. Traduction française dans les *C. R. de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902. *Archives*, t. XIV, p. 470.
3. Baumhauer, H. Ueber den Krystallbau des Lepidolith. *Eclog. geol. Helv.*, vol. VII, p. 354. Traduction française dans les *C. R. de Soc. helv. des Sc. nat.* 1902. *Archives*, t. XIV, p. 473.
4. Bodmer-Beder, A. Der Malenco-Serpentin und seine Asbeste auf Alp Quadrato bei Poschiavo. *Centralbl. für Min. Geol. und Pal.* 1902, p. 488-492.
5. Bodmer-Beder, A. Petrographische Untersuchungen von Steinwerkzeugen und ihren Rohmaterialen aus schweizerischen Pfahlbaustätten. *Neues Jahrb. für Min. Geol. und Pal. Beilageb.* XVI, p. 165-198.
6. Brugnatelli, L. Beryll und andre Mineralien der Pegmatite von Sondalo im Veltlin. *Zeitschr. für Krystal.* B. 36, p. 97.
7. Brugnatelli, L. Ueber einen Fundort von Titanolivin im Val Malenco (Veltlin). *Zeitschr. für Krystall.* B. 36, p. 151.
8. Brun, A. Etude sur le point de fusion des minéraux et sur les conséquences pétrographiques et synthétiques qui en résultent. *Archives*, t. XIII, p. 352-357.
9. Cohen, H. Das Meteoreisen von Rafrüti im Emmenthal. *Mittheil. des naturwissenschaftlichen Vereins f. Neupommern und Rügen.* B. 34.
10. Helbling, R. Die Erziagerstätten des Mont Chemin bei Martigny (Wallis). *Inaugural Dissertation.* Basel, 1902.

11. Joukowsky, E. Sur les Eclogites des Aiguilles Rouges. *Archives*, t. XIV, p. 151-171 et 261-281.

12. Lewis, W.-J. Minerals from the Binnenthal. *Proceed. of the mineral Soc. of London*, 28 novembre 1902.

13. Lugeon, M. L'aérolithe de Chatillens. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.* C. R. de la séance du 4 décembre 1901. Voir aussi le *Globe* (Société de géographie de Genève), *Bull.*, t. XLI, p. 36-38.

14. Schmidt, C. Ueber einen zweiten Scheelitkrystall aus dem Maderanerthal. *Zeitschr. f. Kryst. und Min.* B. 36, p. 160.

15. Solly, R.-H. Bleisulfarsenite aus dem Binnenthal : 1° Jordanit, 2° Rathit. *Zeitschr. für Krystal. und Min.* B. 35, p. 321-344.

16. Solly, R.-H. Sulfarsenite from the Binnenthal. *Proceed. of the Mineral. Soc. of London*, 28 novembre 1902.

17. Tarnuzzer, Chr. Die Asbestlager der Alp Quadrato bei Poschiavo. *Zeitschr. für prakt. Geol.* 1902, p. 217-223.

II. *Géophysique.*

18. Billwiller, R. Bericht der Erdbeben Kommission für 1901-1902. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 214-215.

19. Blumer, S. Zur Entstehung der glarnerischen Alpenseen. *Eclog. geol. Helv.*, t. VII, p. 203-244.

20. Brückner, E. Bericht der Fluss-Kommission für 1901-1902. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 219-221.

21. Brun, A. Note pouvant servir de base à une théorie de l'explosion volcanique. *Archives*, t. XIII, p. 596-601.

22. Brunhes, J. Le travail des eaux courantes, la tactique des tourbillons. *Mém. de la Soc. fribourg. des Sc. nat.*, géologie et géographie, t. II, p. 153 et 224.

23. Bührer, W. Einfluss der Schneedecke auf die Temperatur der Luft und der Erdoberfläche. *Thätigkeitsbericht der Naturf. Gesel. Baselland*, 1900-1901.

24. Chaix, E. Erosion torrentielle dans quelques vallées. Le *Globe*, org. de la Soc. de géogr. de Genève, t. XLI, p. 1-12.

25. Dubois, A. Deux essais de coloration de la Noiraigue à la fluorescéine. *C. R. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XIII, p. 511-513.

26. Finsterwalder, S. et Muret, E. Les variations périodiques des glaciers, VIIe Rapport, 1901. *Archives*, t. XIV, p. 282.

27. Forel, F.-A. Chutes de poussières signalées en Suisse en

1902. *C. R. de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 101, et *Archives*, t. XIV, p. 474.

28. Forel, F.-A. L'extension des glaciers du Mont-Blanc en 1780. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 8 janvier 1902.

29. Forel, F.-A., Lugeon, M. et Muret, E. Les variations périodiques des glaciers des Alpes. *Ann. du S. A. C.*, 38 année.

30. Hagenbach-Bischoff. Bericht der Gletscher-Kommission für 1901-1902. *Actes de la Soc. hel. des Sc. nat.* 1902, p. 222.

31. Jegerlehner. J. Die Schneegrenze in den Gletschergetreten der Schweiz. *Gerland, Beitr. zur Geophysik.* Leipzig, 1902.

32. Perrot, S. de. Résumé des observations hydrométriques faites dans le canton de Neuchâtel en 1901. *Archives*, t. XIV, p. 173.

33. Rabot, Ch. Essai de chronologie des variations glaciaires. *Archives*, t. XIV, p. 133-150.

34. Ritter, G. Considérations techniques, géologiques et hydrologiques relatives au barrage de la Sarine à Fribourg. *Archives*, t. XIV, p. 180.

35. Rollier, L. Les lapiés dans le Jura français. *Feuille des Jeunes Naturalistes*, 4e série, 32e année, 1er février 1902.

36. Rossel, A. Une cause possible des éruptions volcaniques. *C. R. de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 108-110, *Archives*, t. XIV, p. 481, et *Eclog. geol. Helv.*, t. VII, p. 355.

37. Sarasin, E. L'histoire de la théorie des seiches. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902.

38. Schardt, H. Rapport sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle. Imprimerie Corbaz, Lausanne, 1902.

39. Schardt, H. Résultats géologiques obtenus par le percement du tunnel du Simplon. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XXXVIII, C. R. de la séance du 19 février 1902, et *Archives*, t. XIII, p. 605.

40. Schardt, H. Conditions géologiques des sources de la Noiraigue. *C. R. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, *Archives*, t. XIII, p. 513-514.

41. Schardt, H. L'avalanche du glacier de Rossboden. *C. R. de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 90-94, *Archives*, t. XIV, 347-350, et *Eclog. geol. Helv.*, t. VII, p. 463-468.

42. Schmidt, H. Im Torfmoor. Ber. über die Thätigkeit der St-Gall. naturw. Ges. 1900-1901, p. 169-204.

43. Spring, W. Sur les conditions dans lesquelles certains corps prennent la texture schisteuse. *Archives*, t. XIII, p. 329-341.

44. Walter, H. Ueher die Stromschnelle von Laufenburg. *Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesel. Zürich* 1902, 46. Jahrg, 3 H., p. 231-263.

III. *Géologie descriptive. — Tectonique. — Stratigraphie et Paléontologie.*

45. Æberardt, B. Quelques blocs erratiques intéressants de la moraine externe. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 199-202.

46. Æberardt, B. Etude sur les alluvions anciennes des environs de Genève. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 271-286.

47. Antennen, Fr. Die Vereisungen der Emmenthäler. *Mittheil. der Naturf. Gesel.* Bern, 1901, p. 1500-1518.

48. Baltzer, A. Zur Entstehung des Iseosee-und des Comerseebeckens *Centralbl. für Min. Geol. und Pal.* 1902, p. 223.

49. Bieler, Th. Le Léman et le lac de Neuchâtel ont-ils été soudés autrefois aux temps post-glaciaires de manière à former un bassin unique? *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XXXVIII, C. R. de la séance du 2 juillet 1902.

50. Blaas, J. Geologischer Führer durch die tyroler und vorarlberger Alpen. 983 p., 216 fig., 2 cartes. *Innsbruck, Wagnersche Universitätsbuchhandlung.*

51. Brückner, E. Morphologie du Plateau suisse et du Jura. *C. R. de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 102-104, *Archives*, t. XIV, p. 475, et *Eclog. geol. Helv.*, vol. VII, p. 725.

52. Brückner, E. Notice préliminaire sur la morphologie du Jura suisse et français. *Archives*, t. XIV, p. 633-642.

53. Brückner, E. Bericht der Fluss-Kommission für 1901-1902. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 219-221.

54. Depéret, Ch. et Douxami, H. Les Vertébrés oligocènes de Pyrimont-Challonges. *Mém. de la Soc. paléont. suisse*, t. XXIX.

55. Douxami, H. Revision de la Feuille d'Annecy-Massif de Platé. *Bull. 85 des services de la Carte géol. de France*, 1902.

56. Douxami, H. Région synclinale comprise entre les Alpes et le Jura. *Bull. 85 des services de la Carte géol. de France.* 1902.

57. Douxami, H. Les phénomènes glaciaires et post-glaciaires du massif de Platé (Haute-Savoie). *Bull. de la Soc. linnéenne de Lyon*, séance du 24 février 1902.

58. Douxami, H. Les formations tertiaires et quaternaires de la vallée de Bellegarde. *Bull. de la Soc. d'hist. nat. de Savoie*, 1901.

59. Gerber, Ed. Vorläufige Mittheilung über das Eocän des Kienthales. *Eclogæ geol. Hel.*, t. VII, p. 301-304.

60. Gremaud, A. Fossiles trouvés à Montsalvens. *Bull. de la Soc. fribourg. des Sc. nat.*, vol. X, p. 16.

61. Gremaud, A. Bizarreries sur le grès du Flysch. *Bull. de la Soc. fribourg. des Sc. nat.*, vol. X, p. 23.

62. Greppin, Ed. Ueber Originalien der geologischen Sammlungen des basler naturhistorischen Museums. *Verhandl. der Naturf. Gesel. Basel.* t. XV, p. 25-134.

63. Haug, E. Sur le pli couché des Diablerets. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 596-597.

64. Heim, A. Lettre ouverte à M. Maurice Lugeon. *Bull. de la Société géol. de France*, t. I, p. 823-825.

65. Jaccard. Fr. Blocs exotiques de la Hornflnh. *Bull. de la Soc. vaud. des S. nat.*, t. XXXVIII, C. R. de la séance du 18 décembre 1901.

66. Keidel, H. Ein Beitrag zur Kenntniss der Lagerungsverhältnisse in den Freiburger Alpen. *Bericht. der Naturf. Gesel. Freiburg i.* B, t. XIII, p. 23-39.

67. Kissling, E. Meeresmolasse im Emmenthal. *Mittheil. der Naturf. Gesel. Bern*, p. 98-101.

68. Kissling, E. Stachel eines Rochen aus der Meeresmolasse des Belpberges *ibid.*, p. 101-102.

69. Kissling, E. Neue Fundstelle fossiler Pflanzen aus der Molasse des Bäuchlen, *ibid.*, p. 102.

70. Kissling, E. Weitere Funde von Arctomysresten aus dem bernischen Dilurium, *ibid.*, p. 103.

71. Kissling, E. Lehmgerölle im fluvioglacialen Sand, *ibid.*, p. 104-105.

72. Loriol, P. de. Etude sur les Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien supérieur et moyen du Jura lédonien. *Mém. de la Soc. paléont. suisse*, t. XXIX.

73. Lory, P. Sur le faciès à entroques dans le Lias des Alpes suisses et françaises. *C. R. Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 94, *Archives*, t. XIV, p. 468, *Eclog. geol. Helv.*, t. VII, p. 334.

74. Lugeon, M. Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 723-825.

75. Lugeon, M. Les grandes dislocations et la naissance des Alpes suisses. *C. R. de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 88-90. *Actes de la Soc. helv.* 1902, p. 141-153, *Eclogæ Helv.*, t. XII, p. 335-343, et *Archives*, t. XIV, p. 461-463.

76. Lugeon, M. Réponse à M. H. Schardt. *C. R. Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 115, *Archives*, t. XIV, p. 488, et *Eclog. geol. Helv.*, t. VII, p. 346.

77. Lugeon, M. Sur la coupe géologique du massif du Simplon. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, C. R. de la séance du 16 avril 1902, et *Archives*, t. XIV, p. 79; voir aussi *C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 24 mars 1902.

78. Lugeon, M. Observations à propos de la communication de M. Sarasin sur la région des Annes. *C. R. de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, *Archives*, t. XIV, p. 480, et *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 333.

79. Machacek, Fr. Beiträge zur Kenntnis der localen Gletscher des Schweizer und Französischen Jura. *Mittheil. der Naturf. Gesel. Bern*, année 1901.

80. Mœbus, Br. Der diluviale Oglioglетscher. *Mittheil. der Naturf. Gesel. Bern*, année 1901, p. 44-66.

81. Mühlberg, Fr. Bericht über die Exkursionen der schweizerischen geologischen Gesellschaft in das Grenzgebiet zwischen dem Ketten- und dem Tafeljura, in das aargauische Quartär und an die Lägern. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 153-196.

82. Mühlberg, Fr. Geologische Karte der Lägernkette im Maasstab 1 : 25000. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, 1902.

83. Mühlberg, Fr. Erläuterungen zur geologischen Karte des Grenzgebietes zwischen dem Ketten- und dem Tafeljura, 1. Theil. Geologische Karte der Lagernkette und ihrer Umgebung. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 246-270.

84. Penck, A. et Brückner, E. Die Alpen im Eiszeitalter. Tauchnitz, édit. Leipzig.

85. Preiswerk, H. Note sur le Rhétien et le Lias du Col de Coux. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 721-722.

86. Rehsteiner, C. Unsere erratischen Blöcke. *Ber. über die Thätigkeit der St. Gall. naturwis. Gesel.*, 1900-1901, p. 138-168.

87. Renevier, E. L'axe anticlinal de la mollasse aux environs de Lausanne. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 287-299.

88. Rittener, Th. Etude géologique de la Côte aux Fées et des environs de Ste-Croix et Baulmes. *Matér. pour la Carte géol. de la Suisse*, nouv. sér., XIIIe Livr., avec une carte géologique.

89. Rœssinger, G. Recherches géologiques faites dans les environs de Territet. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*,

t. XXXVIII, C. R. de la séance du 4 juin 1902, *Archives*, t. XIV, p. 312.

90. Rollier, L. Carte tectonique des environs de Moutiers (Jura bernois) au 1 : 25000, publiée par la Commission géol. suisse, 1902.

91. Rollier, L. Le calcaire grossier du Randen et l'Helvétien dans le Nord de la Suisse, *Archives*, t. XIV, p. 642-649.

92. Rollier, L. Sur l'âge du conglomérat subalpin ou Nagelfluh de la Suisse. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e sér., t. I, p. 684-685.

93. Rollier, L. Sur l'âge des calcaires à Helix sylvana. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. II, p. 278-288.

94. Rollier, L. Une nouvelle poche fossilifère de sables sidérolithiques. *Bull. de la Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XXIX, p. 57-66.

95. Rollier, L. et Juillerat, E. Sur une nouvelle poche sidérolithique à fossiles albiens. *Archives*, t. XIV, p. 59-68.

96. Rothpletz, A. Das Gebiet der zwei grossen rhätischen Ueberschiebungen zwischen dem Bodensee und dem Engadin. *Sammlung geol. Führer X. Gebr. Bornträger, Berlin*, 256 p. et 81 fig.

97. Rothpletz, A. Ueber den Ursprung der Thermalquellen von St. Moritz. *Sitzungsber der math. phys. Klasse der Kœnig. bayrischen Akad. der Wiss.* B. XXXII, H. 2, p. 193-207.

98. Sarasin, Ch. Programme des excursions de la Soc. géol. suisse en 1902. *Eclogæ géol. Helv.*, t. VII, p. 311-318.

99. Sarasin, Ch. Quelques observations sur la région des Vergys, des Annes et des Aravis. *Eclogæ géol. Helv.*, t. VII, p. 321.

100. Sarasin, Ch. et Schöndelmayer, Ch. Etude monographique des Ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-Saint-Denis, 2e partie. *Mém. Soc. paléont. suisse*, t. XXIX, 102 p. et 14 pl.

101. Schardt, H. A propos de la conférence de M. Lugeon : « Les grandes dislocations et la naissance des Alpes. » *C. R. Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 110-115, *Archives*, t. XIV, p. 85-90, et *Eclog. geol. Helv.*, t. VII, p. 343-346.

102. Schenck, A. Les sépultures et les populations préhistoriques de Chamblandes. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XXXVIII, p. 157-185.

103. Schmidt, C. Ueber das Alter der Bündner Schiefer im nordöstlichen Graubründen. *Ber. des oberrhein. geolog. Vereins*, 35. Versaml. Freiburg i, B. 1902.

104. Steinmann, G. Zur Tektonik des nordschweizerischen Ketten-Jura. *Centralbl. für Min. Geol. und Pal.* 1902, p. 481.

105. Stehlin, G.-H. Ueber die Grenze zwischen Oligöcan und Miocän in der Schweizer Mollasse. *Eclogæ geol. Helv.*, t. VII, p. 360-365. Traduction française dans *C. R. Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 119, et *Archives*, t. XIV, p. 492.

106. Stehlin, G.-H. Ueber die Säugethierfauna aus dem Bohnerz des Chamblon bei Yverdon. *Eclog. geol. Helv.*, t. VII, p. 365-366. Traduction française dans *C. R. Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. 121, et *Archives*, t. XIV, p. 495.

107. Stingelin, Th. Ueber ein im Museum zu Olten aufgestelltes Kranium von Elephas primigenius. *Mém. de la Soc. paléont. suisse.* t. XXIX, 1902.

108. Strübin, K. Geologische Beobachtungen im Eisenbahneinschnitt bei Liestal. *Thätigkeitsber. der Naturf. Gesel. Basellund*, 1900-1901. p. 68-72.

109. Studer, Th. Les ossements trouvés dans la caverne de Thayngen. *C. R. Soc. helv. des Sc. nat.* 1902. *Archives*, t. XIV, p. 540-543.

110. Taramelli, T. Alcune osservazione stratigraphiche nei dintorni di Varzo. *Rendiconti del R. Ist. lombar. di sc. e lett.*, sér. II, vol. XXXV, 1902.

111. Tornquist, A. Das Gebirge der oberitalienischen Seen. *Sammlung geol. Führer. Bornträger* édit. Berlin, 1902. 302 p., 30 fig. et cartes.

112. Weber, Julius. Beiträge zur Geol. der Umgebung des Pfäffiker Sees. *Mittheil der naturw. Gesel Winterthur*, t. III, 35 p.

113. Wegelin, H. Kleinere Mittheilungen : *a*, Tertiärflora; *b*, diluviales Wildpferd; *c*, Mollusken der Lehmlager im Thurthal; *d*, Edelhirsch, Cervus Elaphus. *Mittheil. der Thurgau. Naturf. Gesel.* H. XV, p. 58-63.

114. Zuber, R. Ueber die Entstehung des Flysch. *Zeitschr. für prakt. Geol. August*, 1901.

IV. *Nécrologies et Biographies.*

115. Baltzer, A. Dr Edmond von Fellenberg. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.* 1902, p. XXIII à XXXVI.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1904

Le 1er, pluie dans la nuit; fort vent à 1 h. du soir.
2, neige à 10 h. du matin; hauteur 2cm; pluie depuis 4 h. du soir.
3, pluie dans la nuit et pendant la plus grande partie de la journée; léger brouillard dans l'après-midi.
4, pluie dans la nuit et de 4 h. à 9 h. du soir; brouillard dans la matinée.
5, pluie à 4 h. et à 7 h. du soir.
8, pluie dans la nuit et à 9 h. du soir; fort vent dans l'après-midi.
9, très fort vent à 1 h. et à 10 h. du soir; pluie à 10 h. du soir.
10, pluie et orage dans la nuit; pluie depuis 4 h. du soir; très fort vent pendant tout le jour.
11, pluie et très fort vent.
12, fort vent à 1 h. du soir.
13, très fort vent pendant la plus grande partie de la journée; pluie à 1 h. du soir.
14, pluie à 1 h. et à 4 h. et neige depuis 9 h. du soir; orage au NW. à 2 h. 30 m. du soir; très fort vent à 4 h. du soir.
15, pluie et neige dans la nuit; neige à 10 h. du matin et pluie à 4 h. du soir; très fort vent dans la matinée.
16, neige dans la nuit et quelques flocons pendant la journée; hauteur 2cm: pluie depuis 10 h. du soir.
17, pluie dans la nuit, à 7 h. et depuis 10 h. du soir; très fort vent dans la nuit et jusqu'à 4 h. du soir.
18, pluie dans la nuit; faible neige à 7 h. du soir.
19, faible neige dans la nuit.
20, légère gelée blanche le matin; neige à 4 h. et à 7 h. du soir.
21, faible neige dans la nuit; fort vent de 1 h. à 4 h. du soir.
22, fort vent de 1 h. à 4 h. du soir; faible pluie dans l'après-midi.
23, forte bise depuis 7 h. du soir.
24, très forte bise pendant toute la journée.
25, légère chute de grésil à 8 h. du matin; très forte bise pendant toute la journée; quelques flocons de neige dans l'après-midi.
27, gelée blanche le matin.
28, légère gelée blanche le matin.
29, forte bise le matin.

Hauteur totale de la neige : 4cm tombés en 2 jours.

GENÈVE — FÉVRIER 1904

Jours du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	18.5	16.8	17.1	17.35	-10.10	16.4	18.5	SW. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	6.2	10	6	9	8	3.5	....	....
2	15.8	15.4	16.6	16.22	-11.19	15.1	17.5	S. 1	SW. 1	S. 1	var.	3.1	10	10	10	10	....	**35.9**	**18**
3	18.3	18.6	18.6	18.40	- 8.96	17.5	19.1	SSW. 1	N. 0	N. 1	N. 1	2.3	10	10	10	10	...	14.6	10
4	19.0	18.5	18.3	18.83	- 8.48	18.3	19.6	SW. 0	NW. 1	NE. 0	var.	2.1	10	10	10	10	....	6.2	7
5	15.7	14.8	18.4	16.50	-10.76	14.5	19.1	N. 1	N. 1	S. 0	N. 1	4.2	10	10	10	10	....	6.1	4
6	21.9	22.2	21.9	22.02	- 5.19	19.7	24.0	SW. 0	SW. 1	S. 1	var.	2.0	10	2	0	2	6.6	....	....
7	20.5	21.2	22.1	21.38	- 5.78	20.4	22.2	SW. 1	NE 1	SW. 0	var.	2.1	10	10	2	6	...	1.0	1
8	20.9	16.7	17.6	18.65	- 8.46	14.6	22.3	SW. 0	WSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	5.2	9	9	10	10	1.0	4.7	3
9	20.1	17.8	9.5	16.58	-10.47	**8.1**	20.3	SE. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	6.2	9	10	10	9	3.1	4.8	3
10	15.0	14.7	15.5	13.99	-13.01	8.5	15.8	SSW. 1	SSW. 3	SSW. 2	SSW. 2	20.0	8	10	10	9	2.2	13.6	14
11	15.0	18.2	22 1	17.78	- 9.16	14.6	30.1	SSW. 3	SSW. 3	SSW. 2	SSW. 3	25.1	10	10	10	9	....	3.5	2
12	31.1	33.3	29.8	30.27	+ 3.39	24.9	33.3	SSW. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	8.4	7	4	10	7	6.2	....	....
13	22.1	26.1	26.0	24.82	- 2.00	20.7	26.8	SSW. 2	SSW. 4	SSW. 2	SSW. 2	16.8	10	10	1	9	....	4.5	3
14	17.9	11.6	17.6	17.77	- 8.99	11.6	25.0	WSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 2	13.6	10	10	10	10	...	6.3	4
15	17.9	16.2	18.1	17.31	- 9.39	15.5	19.0	SSW. 3	SSW. 2	S. 1	SSW. 2	20.5	10	10	10	10	....	2.2	4
16	22.6	23.0	17.2	20.68	- 5.96	15.3	23.7	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 2	16.8	10	10	10	10	3.0	16.2	7
17	12.4	9.4	11.7	**11.68**	**-14.90**	9.3	15.2	SSW. 3	SSW. 4	S. 1	SSW. 2	20.0	10	10	10	10	....	7.6	4
18	13.2	13.4	14.8	13.85	-13.67	13.1	16.2	SW. 1	SSW. 1	SW. 0	SSW. 1	8.4	1	10	10	7	4.7	2.0	2
19	21.8	26.2	30.5	24.59	-11.87	17.3	31.0	S. 0	N. 1	E. 1	var.	3.6	10	2	0	5	3.2	....	....
20	32.8	32.0	33.6	**32.52**	**+ 6.13**	31.5	**33.5**	S. 0	SW. 1	SSW. 1	var.	8.4	8	10	10	8	0.5	0.7	1
21	32.6	31.9	31.7	32.21	+ 5.88	31.2	33.0	NE. 1	SSW. 2	S. 1	SSW. 1	7.5	6	1	10	5	6 9	....	....
22	29.7	27.9	28.0	28.98	+ 2.71	27.3	31.7	S. 0	SSW. 2	S. 0	var.	7.4	10	9	10	9	3.5	....	....
23	25.1	24.4	24.2	24.83	- 1.37	23.5	26.8	SSW. 1	N. 1	NNE. 3	NNE. 1	10.4	10	9	9	8	3.2	....	....
24	23.0	22.2	23.3	22.88	- 3.26	22.0	24.1	NNE. 3	NNE. 4	NNE. 4	NNE. 3	**37.4**	1	5	6	3	7.0	....	....
25	23.9	24.8	26.7	24.79	- 1.29	23.2	26.7	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 3	32.1	10	10	10	10	1.6	....	....
26	27.1	26.7	25.7	26.39	+ 0.38	25.4	27.2	NNE. 1	N. 1	NE. 0	NNE. 1	11.5	7	2	0	2	6.9	....	....
27	26.8	26.6	25.4	26.27	+ 0.32	25.2	27.5	E. 0	N. 1	S. 0	var.	4.2	5	2	7	3	**7.3**	....	....
28	24.4	23.3	22.2	23.63	- 2.26	21.6	25.2	NNE. 1	N. 1	NNE. 2	NNE. 1	12.6	10	10	10	10	...	....	....
29	19.5	18.2	18.7	19.20	- 6.18	18.1	21.5	NNE. 2	N. 1	S. 1	var.	13.6	10	10	10	10	....	0.5	1
Mois	21.54	21.10	21.49	21.39	- 5.45							11.44	9.0	8.0	8.1	7.9	70.4	130.4	88

GENÈVE — FÉVRIER 1904

Jours du Mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre.
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 2.0	+ 6.1	+ 1.4	+ 2.74	+ 2.29	+ 0.7	+ 6.4	82	58	81	75	- 9	58	88	4.4	- 0.4	1317
2	- 0.5	0.8	1.0	0.30	- 0.21	- 0.9	1.3	88	92	95	94	+10	88	100	3.9	- 0.9	1315
3	+ 1.4	2.7	2.6	2.11	+ 1.53	+ 0.9	3.5	100	98	96	**99**	**+15**	96	100	4.1	- 0.7	1332
4	2.3	4.6	3.6	3.24	+ 2.59	2.2	5.2	98	84	93	96	+12	84	100	4.6	- 0.2	1325
5	3.4	4.0	1.8	2.95	+ 2.23	+ 1.0	4.3	97	87	96	94	+10	87	99	4.7	- 0.1	1358
6	0.4	8.1	0.8	2.74	+ 1.94	- 0.3	8.5	98	62	88	87	+ 7	62	100	4.2	- 0.6	1312
7	0.2	4.4	0.7	1.77	+ 0.90	- 0.8	6.1	84	68	87	82	- 2	63	95	....	.....	1275
8	4.7	11.2	8.3	6 98	+ 6.03	+ 0.3	**12.6**	74	48	57	68	-15	48	85	5.0	+ 0.2	1252
9	4.4	9.1	7.8	7.39	+ 6.36	4.3	11.2	68	43	47	**52**	**-31**	37	68	4.6	- 0.3	1287
10	5.2	8.6	9.1	8 05	+ 6.94	4.1	10.4	69	48	83	69	-14	48	83	4.7	- 0.2	1255
11	10.6	10.4	7.6	**9.96**	+ **8.76**	6.8	12.0	57	57	55	59	-24	41	75	4.4	- 0.5	1267
12	5.7	9.4	5.6	6.87	+ 5.59	4.9	10.0	64	36	64	58	-25	**36**	81	5.2	+ 0.3	1335
13	9.4	6.5	7.9	7.11	+ 5.74	3.2	10.0	55	78	57	64	-18	53	80	5.0	+ 0.1	1265
14	7.2	7.6	3.2	5.75	+ 4.29	2.4	10.3	58	65	81	73	- 9	58	100	....	.....	1320
15	2.6	5.7	2.2	2.75	+ 1.20	1.2	6.5	72	61	80	84	+ 2	61	100	5.1	+ 0.1	1287
16	1.4	4.6	0.9	2.39	+ 0.75	0.1	5.7	85	55	96	75	- 7	54	100	4 4	- 0.6	1237
17	5.9	11.2	5.0	7.16	+ 5.42	3.6	11.9	87	51	84	81	- 1	51	100	5.4	+ 0.4	1285
18	+ 1.0	5.7	0.7	2.69	+ 0.86	+ 0.2	7.0	88	49	96	81	0	49	94	4.7	- 0.3	1272
19	- 0.4	3.4	+ 1.2	+ 1.24	- 0.69	- 1.2	4.0	89	52	79	76	- 5	47	100	4.4	- 0.7	1267
20	- 2.8	3.0	0.0	- 0.21	- 2.24	- 3.2	3.8	95	55	92	85	+ 4	55	97	4.5	- 0.6	1220
21	+ 2.0	11.6	+ 7.0	+ 5.37	+ 3.24	+ 0.1	11.9	93	49	72	77	- 4	49	95	....	.....	1160
22	+ 5.2	10.6	6.3	7.05	+ 4.82	4.8	11.5	76	57	63	70	-10	57	80	4.7	- 0.5	1173
23	+ 3.8	6.7	+ 3.3	4.60	+ 2.27	+ 2.9	7.5	87	65	52	66	-14	45	87	4.9	- 0.3	1132
24	- 0.2	1.6	- 0.5	+ 0.69	- 1.75	- 1.0	2.0	78	81	78	71	- 9	55	81	4.6	- 0.6	1167
25	- 1.0	0.6	- 0.2	- 0.26	- 2.80	- 1.3	1.2	81	68	74	77	- 3	68	83	3.9	- 1.4	1129
26	- 2.7	0.1	- 2.0	- 1.12	- 3.77	- 2.9	1.7	92	66	88	79	- 1	64	92	3.6	- 1.7	1140
27	- 3.8	0.9	- 1.4	- **1.46**	- **4.22**	- **4.7**	2.6	87	77	84	83	+ 4	67	95	4.1	- 1.2	1086
28	- 1.4	+ 0.5	- 0.6	- 0.66	- 3.53	- 2.9	1.0	84	72	67	81	+ 2	71	98	....	.....	1060
29	- 2.4	0.0	- 1.2	- 1.29	- 4.16	- 2.7	+ 1.0	83	79	81	81	+ 2	76	88	3.9	- 1.5	1052
Mois	+ 2.19	+ 5.51	+ 2.83	+ 3.34	+ 1.74	+ 0.78	+ 6.82	81	64	78	77	- 5			4.71	- 0.25	1237

MOYENNES DE GENÈVE. — FÉVRIER 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	18.45	18.58	18.57	18.52	17.67	17.32	17.47	17.65	17.99
2e »	20.45	20.08	20.68	21.28	20.92	21.20	22.43	22.26	21.43
3e »	26.41	25.89	25.78	25.82	25.41	24.58	25.41	25.03	25.46
Mois	21.61	21.36	21.54	21.74	21.10	20.91	21.36	21.53	21.39

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 2.90	+ 2.76	+ 2.35	+ 3.68	+ 5.96	+ 5.24	+ 4.13	+ 3.59	+ 3.83
2e »	3.90	3.82	+ 4.06	5.47	6.75	5.42	4.04	3.41	5.08
3e »	0.30	0.01	— 0.06	1.44	3.62	3.37	1.82	0.97	1.44
Mois	+ 2.44	+ 2.28	+ 2.19	+ 3.60	+ 5.51	+ 4.82	+ 3.38	+ 2.61	+ 3.34

Fraction de saturation en %

1re décade	87	88	86	83	69	74	82	85	82
2e »	83	83	75	71	56	68	71	84	74
3e »	80	82	85	81	68	67	72	74	76
Mois	84	84	81	78	64	70	75	81	77

Dans ce mois l'air a été calme 241 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{74}{139} = 0.57$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 36°.9 W.
Son intensité est égale à 37.6 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		721.51
Nébulosité		8.4
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+ 3°.51
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+ 3°.34
Fraction de saturation		74 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875).	726.84
Nébulosité	(1847-1875).	6.7
Hauteur de pluie	(1826-1875).	36mm.5
Nombre de jours de pluie	(id.).	8
Température moyenne	(id.).	+ 1°.60
Fraction de saturat.	(1849-1875).	82 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	194.8	193.4	141.3	133.1	204.5	159.0	149.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	127.6	130.4	115.1	108.4	95.9	129.5

Durée totale de l'insolation à Jussy : 73h.2.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1904

Le 1er, neige; très forte bise le matin.
2, neige; très fort vent le soir.
3, neige; très forte bise le soir.
4 et 5, vent violent et neige.
8, 9, 10, très fort vent et neige.
11, forte bise le soir; neige.
12, très forte bise le matin.
Du 13 au 19, fortes chutes de neige.
18 et 20, forte bise.
22 et 23, neige et forte bise.
24, très forte bise le soir.
29, neige et fort vent.

ERRATA AUX OBSERVATIONS DE JANVIER 1904

Genève, température

Page 235, dernière ligne, temp. moy. 9 h. soir,	lire	+ 0.07°.	au lieu de	+ 0.71°
» » mois	»	— 0.09,	»	— 0.93
» Ecart moyen du mois	»	— 0.01,	»	— 0.85
$\frac{7+1+9}{3}$	»	+ 0.05.	»	+ 0.26
Page 236, temp. $\frac{7+1+2\times9}{4}$	»	+ 0,05,	»	+ 0.37

Saint-Bernard, pluie et neige

Page 238, dernière ligne, lire 94mm.1, au lieu de 93mm.1
» le 16, neige, lire 8cm, au lieu de 6cm
» 17, » » 3 » 25
» 19, » » 3 » 35

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1904

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	52.5	52.0	54.5	53.0	– 7.4	51.8	55.0	NE. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 1	10	0	7	6	....	....
2	55.6	56.1	56.8	56.2	– 4.2	55.2	57.0	SW. 1	SW. 1	SW. 3	SW. 2	9	10	9	9	36.0	**47**
3	57.4	58.2	57.5	57.7	– 2.7	57.2	58.4	SW. 1	SW. 2	NE. 4	var.	10	10	9	10	10.0	10
4	57.2	57.0	56.7	57.0	– 3.3	56.0	57.5	SW. 4	SW. 3	SW. 3	SW. 3	9	10	10	10	11.2	13
5	54.7	52.4	54.5	53.9	– 6.4	52.0	55.2	SW. 3	SW. 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	9.5	7
6	55.6	56.6	58.1	56.8	– 3.5	55.4	58.5	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	8	0	6	....	....
7	56.8	57.1	58.6	57.5	– 2.7	56.4	58.9	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	8	0	5	....	....
8	58.9	58.3	55.1	57.4	– 2.8	54.8	59.2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	7	4	10	7	21.2	25
9	55.7	55.3	52.4	54.5	– 5.7	52.0	55.8	NE. 1	SW. 4	SW. 3	SW. 3	6	5	10	7	15.0	21
10	51.1	52.7	53.0	52.3	– 7.8	51.0	53.6	NE. 2	SW. 3	SW. 4	SW. 3	10	10	10	10	**44.5**	42
11	55.1	56.2	55.6	55.6	– 4.5	51.8	56.6	NE. 1	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	13.5	13
12	61.1	66.0	67.5	64.9	+ 4.8	56.8	**67.9**	NE. 4	NE. 2	SW. 2	NE. 2	10	1	10	7	....	....
13	64.1	61.8	61.8	62.6	+ 2.6	60.0	66.7	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	5	10	0	5	10.8	17
14	56.1	50.9	51.0	52.7	– 7.3	50.3	58.8	SW. 2	SW. 3	NE. 4	SW. 2	10	10	10	10	9.0	12
15	51.8	52.1	51.1	51.7	– 8.3	50.7	52.7	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	3	10	8	6.3	7
16	54.8	55.5	54.3	54.9	– 5.1	53.8	55.9	NE. 1	NE. 1	SW. 2	var. 1	10	2	10	7	12.9	16
17	52.3	51.2	49.7	51.1	– 8.9	49.0	53.1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	18.1	25
18	48.4	48.2	49.1	**48.6**	– **11.3**	**47.9**	51.4	NE. 2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	10	5	10	8	2.4	4
19	53.7	56.5	60.2	56.8	– 3.1	51.8	61.0	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	5	10	8	4.5	4
20	62.3	63.4	64.4	63.4	+ 3.5	61.7	65.0	NE. 1	NE. 2	NE. 4	NE. 2	0	4	10	5	....	....
21	65.6	66.7	65.2	**66.2**	+ **6.4**	65.9	67.2	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	2	0	4	....	....
22	64.1	62.8	60.7	62.5	+ 2.7	60.0	64.8	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	1	1	10	4	2.3	2
23	58.2	57.6	56.3	57.4	– 2.4	54.4	59.2	NE. 3	NE. 2	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	2.5	3
24	53.8	53.0	53.9	53.6	– 6.2	52.8	54.3	NE. 2	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	8	10	9	....	....
25	53.7	55.0	56.2	55.0	– 4.7	53.5	56.8	NE. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	0	10	7	....	....
26	56.4	57.3	57.5	57.1	– 2.6	56.0	58.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
27	57.8	58.4	57.7	58.0	– 1.7	56.0	58.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
28	55.7	55.1	54.1	55.0	– 4.7	52.5	56.3	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	1	10	4	....	....
29	51.5	51.4	51.2	51.4	– 8.3	50.8	52.0	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	0	4	10	5	2.0	3
Mois	56.28	56.37	56.40	56.35	– 3.89							7.4	5.6	7.8	6.9	231.7	271

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1904

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-11.5	- 9.7	-10.5	-10.6	- 1.5	-12.4	- 9.5	83	60	64	69	55	85
2	-10.9	-10.1	- 9.2	-10.1	- 1.0	-12.1	- 9.0	66	78	80	75	65	88
3	- 7.6	- 6.1	- 5.4	- 6.4	+ 2.6	-10.5	- 5.0	81	81	85	82	79	87
4	- 5.2	- 3.8	- 4.6	**- 4.5**	**+ 4.5**	- 5.7	- 3.5	85	88	89	87	85	92
5	- 4.6	- 3.3	- 7.6	- 5.2	+ 3.8	- 7.9	- 3.0	88	88	86	87	85	90
6	- 9.5	- 7.1	-10.8	- 9.1	- 0.1	-11.7	- 7.0	85	86	71	81	49	89
7	- 8.4	- 4.8	- 9.4	- 7.5	+ 1.5	-10.5	- 4.6	55	62	69	62	44	82
8	- 6.2	- 3.9	- 7.4	- 5.8	+ 3.2	- 9.7	- 3.6	85	62	88	78	55	90
9	-11.6	- 9.4	-10.4	-10.5	- 1.5	-12.4	- 7.7	83	22	70	58	**20**	88
10	- 9.8	- 8.6	- 3.6	- 7.3	+ 1.7	-11.5	- 3.3	82	72	91	82	70	94
11	- 2.6	- 2.3	- 9.0	- 4.6	+ 4.3	- 9.3	**- 1.6**	92	92	86	**90**	85	93
12	-10.8	- 8.6	- 5.2	- 8.2	+ 0.7	-11.4	- 5.0	84	85	80	83	58	86
13	- 8.2	- 7.9	- 8.8	- 8.3	+ 0.6	- 9.0	- 4.9	75	68	42	62	40	81
14	- 7.6	- 9.2	-13.0	- 9.9	- 1.1	-13.7	- 7.4	85	85	86	85	82	88
15	-12.8	-10.4	-11.7	-11.6	- 2.8	-13.9	-10.0	84	77	79	80	72	85
16	-13.5	-10.2	-13.0	-12.2	- 3.4	-14.7	-10.0	80	80	78	79	44	83
17	-11.4	- 7.7	- 8.0	- 9.0	- 0.2	-13.9	- 7.0	81	84	84	83	79	87
18	-11.4	-11.0	-13.2	-11.9	- 3.2	-13.9	- 7.8	85	84	81	83	80	86
19	-13.9	-12.4	-15.3	-13.9	- 5.2	-16.2	-11.6	81	80	80	80	78	85
20	-17.2	-10.1	- 7.4	-11.6	- 3.0	-19.0	- 8.3	34	62	85	60	30	87
21	- 5.1	- 3.6	- 6.0	- 4.9	+ 3.7	- 7.6	- 2.8	86	80	27	64	25	89
22	- 7.1	- 4.8	- 8.6	- 6.8	+ 1.8	-11.7	- 3.6	33	59	89	60	30	**95**
23	-10.2	- 8.0	-11.8	-10.0	- 1.5	-12.7	- 7.8	86	86	86	86	80	89
24	-15.3	-12.6	-16.8	-14.9	- 6.4	-17.8	-11.4	84	84	81	83	79	85
25	-19.4	-16.3	-18.2	**-18.0**	**- 9.6**	-21.5	-15.9	80	80	79	80	77	83
26	-17.0	- 9.6	-15.4	-14.0	- 5.6	**-22.9**	- 9.4	77	24	24	**12**	**20**	80
27	-15.2	-11.4	-14.2	-13.6	- 5.3	-18.9	-11.2	33	40	68	47	30	75
28	-16.0	-12.9	-14.8	-14.6	- 6.3	-16.9	-12.7	41	51	81	58	35	85
29	-16.8	-14.3	-13.8	-15.0	- 6.7	-18.7	-13.8	81	74	78	78	70	82
Mois	-10.92	- 8.62	-10.45	-10.00	- 1.39	-13.38	- 7.53	75	72	75	74		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	55.55	55.57	55.72	55.62	79	70	79	76
2e »	55.97	56.18	56.47	56.23	78	80	78	79
3e »	57.42	57.48	57.09	57.33	67	64	68	66
Mois	56.28	56.37	56.40	56.35	75	72	75	74

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 8.53	— 6.68	— 7.89	— 7.70	— 7.75
2e »	— 10.94	— 8.98	— 10.46	— 10.12	— 10.21
3e »	— 13.57	— 10 39	— 13.29	— 12.42	— 12.64
Mois	— 10.92	— 8.62	— 10.45	— 10.00	— 10.11

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{86}{87} = 1.00$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 1.2 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	131.2	123.2	108.0	231.7
Neige en centimètres....	41cm	93cm	77cm	271cm

RECHERCHES RÉCENTES

SUR

LA RADIOACTIVITÉ

PAR

P. CURIE

(Suite et fin[1]*,)*

IV. — SUR LA RADIOACTIVITÉ INDUITE ET LES ÉMANATIONS RADIOACTIVES.

Radioactivité induite.

Le radium, le thorium et l'actinium ont la propriété d'agir à l'extérieur autrement que par les rayons de Becquerel qu'ils émettent. Ils communiquent peu à peu leurs propriétés radioactives aux corps qui se trouvent dans le voisinage, et ceux-ci émettent à leur tour des rayons de Becquerel. L'activité peut ainsi se transmettre aux gaz, aux liquides et aux solides, et c'est là le phénomène de la *radioactivité induite.*

La radioactivité induite se propage dans les gaz de proche en proche par une sorte de conduction, elle n'est nullement due à l'action du rayonnement direct des corps qui la provoquent.

Quand on éloigne le corps activé du corps radioactif,

[1] Voir *Archives*, mars 1903, p. 241.

la radioactivité induite sur ce corps persiste pendant un certain temps ; elle diminue cependant peu à peu et finit par s'éteindre.

Emanation.

Pour expliquer ces phénomènes, M. Rutherford admet que le radium ou le thorium dégage constamment un gaz matériel radioactif instable qu'il nomme *émanation*. L'émanation se répand dans le gaz qui entoure le corps radioactif; elle se détruit peu à peu en émettant les rayons de Becquerel et en donnant naissance à d'autres corps matériels radioactifs instables qui ne sont pas volatils ; ces nouvelles matières se fixent à la surface des corps solides et les rendent radioactifs.

Sans préciser autant les hypothèses, on peut adopter le nom d'émanation pour désigner *l'énergie radioactive* sous la forme qu'elle affecte quand elle se répand dans le gaz qui entoure les corps radioactifs; on peut de plus supposer que cette énergie disparaît en créant l'*énergie de radioactivité induite des corps solides*.

Radioactivité induite par le radium et émanation du radium.

Lorsqu'on place un sel de radium solide dans une enceinte close remplie d'air, les parois intérieures de l'enceinte et tous les corps solides placés dans l'enceinte deviennent radioactifs. On peut, par exemple, introduire dans l'enceinte une lame solide d'un corps quelconque, l'y laisser un certain temps, puis la retirer

et étudier son activité. On constate que l'activité de la lame augmente d'abord avec la durée du séjour dans l'enceinte, mais qu'elle atteint une valeur limite pour un séjour assez prolongé. Lorsque la lame activée est retirée de l'enceinte, elle perd son activité suivant une loi d'allure exponentielle, le rayonnement diminuant de la moitié de sa valeur pendant une période de temps de l'ordre de grandeur d'une demi-heure. D'une manière générale, tous les corps solides dans les mêmes conditions s'activent et se désactivent de la même façon.

Les phénomènes sont beaucoup plus intenses (environ vingt fois) si au lieu de placer dans l'enceinte le sel de radium solide, on place dans celle-ci la solution du même sel dans un vase ouvert.

La nature et la pression du gaz contenu dans l'enceinte n'ont pas d'influence sur les phénomènes observés.

L'activité induite dans une enceinte est proportionnelle à la quantité de radium qui s'y trouve.

Lorsque l'enceinte contenant le radium communique par un tube avec une deuxième enceinte, les corps solides contenus dans celle-ci s'activent également au bout d'un temps suffisant. La transmission de la propriété activante peut même se faire d'une enceinte à une autre par un tube capillaire.

Lorsque le gaz qui a été activé par le séjour dans une enceinte renfermant du radium est transporté dans une autre enceinte, il conserve pendant un temps assez long la propriété de rendre radioactifs les corps solides amenés en contact avec lui. Le gaz ainsi soustrait à l'action du radium perd cependant peu à peu sa propriété activante; celle-ci disparaît en fonction du temps

suivant une loi exponentielle ; elle diminue de la moitié de sa valeur pendant chaque période de quatre jours.

Pour interpréter ce phénomène, on peut admettre que le radium donne lieu à un débit continu et constant d'émanation radioactive ; cette émanation se répand dans l'air d'une enceinte et agit sur les corps solides en les activant. Lorsque l'air est transporté dans une autre enceinte, l'émanation est entraînée avec lui ; elle se détruit ensuite spontanément avec une vitesse telle que la quantité d'émanation répandue dans le gaz diminue de moitié pendant chaque période de quatre jours.

Dans une enceinte renfermant du radium il s'établit un état d'équilibre, quand la quantité d'émanation dans l'enceinte est telle, que la perte d'émanation résultant de sa destruction spontanée compense exactement l'apport continu d'émanation ayant sa source dans le radium.

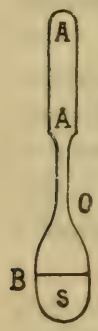


Fig. 2.

On peut faire l'expérience suivante : Le récipient de verre A (fig. 2) communique par la partie rétrécie O avec l'ampoule B qui renferme une solution de radium S. Au bout d'un certain temps l'émanation s'est répandue en A, et les parois intérieures de ce récipient sont activées. On sépare le récipient A du radium en fermant en O à la lampe. On peut ensuite étudier le rayonnement extérieur du récipient A en le transportant dans le cylindre intérieur d'un condensateur cylindrique (fig. 3). Ce cylindre intérieur BBBB est en aluminium ; on le porte à un potentiel de 500 volts. Le cylindre extérieur CCCC du condensateur est

en cuivre ; il est en relation avec un électromètre et un quartz piézoélectrique. On mesure à l'aide du quartz le courant qui traverse le condensateur. Ce courant est provoqué par les rayons de Becquerel qui s'échappent du tube A, traversent le cylindre d'aluminium B et rendent conducteur l'air entre les deux cylindres. L'appareil est entouré d'une enveloppe métallique protectrice EEEE, reliée à la terre.

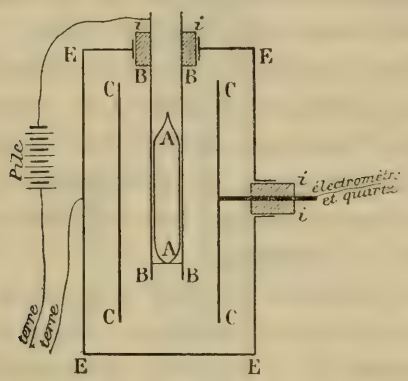


Fig. 3.

On constate que le rayonnement du tube A diminue avec le temps suivant une loi exponentielle rigoureuse de la forme

$$I = I_0 e^{-at}$$

I_0 étant la valeur du rayonnement à l'origine du temps, I la valeur du rayonnement à l'instant t et a un coefficient constant $a = 2.01.10^{6-}$, en prenantcomme unité de temps la seconde. Le rayonnement baisse de la moitié de sa valeur en quatre jours environ.

Dans une deuxième expérience, on peut activer le tube A comme précédemment et faire ensuite le vide

à l'intérieur de manière à extraire l'air chargé d'émanation qui se trouve dans le tube. Dans ces conditions, le rayonnement du récipient A diminue beaucoup plus rapidement, ce rayonnement devient deux fois plus faible en un temps de l'ordre de grandeur d'une demi-heure. Cette loi de désactivation est la même que celle suivant laquelle les corps activés perdent leur activité quand ils sont exposés à l'air libre. Le résultat est encore le même si, après avoir fait le vide dans le récipient A, on y laisse rentrer de l'air inactif.

On est donc conduit à conclure que dans la première expérience l'activité du récipient A est entretenue par l'air chargé d'émanation contenu dans ce récipient, et que la loi de diminution du rayonnement dans cette expérience représente aussi bien la loi de la disparition spontanée de l'émanation.

Lorsque l'on fait le vide dans le récipient A qui renferme de l'air chargé d'émanation, et que l'on mesure le rayonnement de ce récipient immédiatement avant et après l'extraction de l'air, on constate que ce rayonnement n'a pas changé au moment où l'on a retiré l'air actif. Le rayonnement Becquerel de l'air chargé d'émanation ne produit donc pas d'action dans cette expérience. Ce rayonnement existe probablement, mais il est formé de rayons très peu pénétrants, incapables de traverser la paroi de verre. On peut faire à ce sujet l'expérience suivante : l'une des extrémités du tube métallique AAAA (fig. 4) communique en O au moyen d'un tube de caoutchouc, avec un récipient B où se trouve une solution de sel de radium. L'autre extrémité du tube A est fermée par un bouchon isolant *i* ; ce bouchon est traversé par une tige métallique C reliée à

l'électromètre. Le tube A et la tige C forment un condensateur cylindrique ; le tube A est porté à un potentiel de 500 volts. Le tube métallique DDDD, relié à la terre, sert de tube de garde. Quand le tube A est suffi-

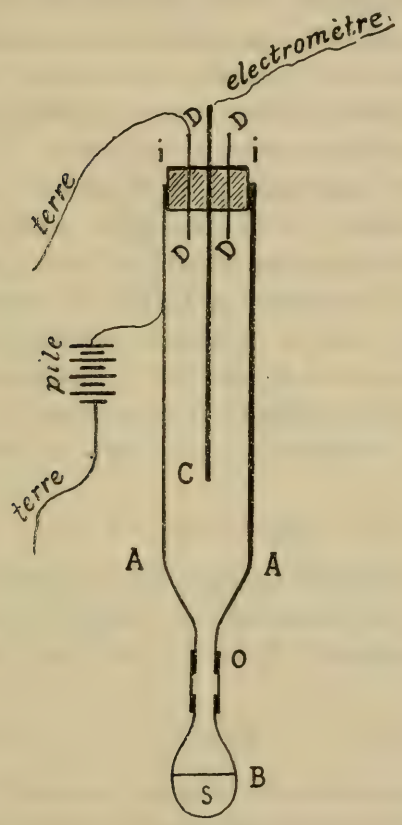


Fig. 4.

samment activé, on le sépare du radium et on mesure l'intensité du courant qui traverse le condensateur; puis on chasse rapidement l'air actif qui remplit le condensateur, on laisse rentrer de l'air inactif et on

fait immédiatement une nouvelle mesure de l'intensité du courant. On constate que le courant est devenu six fois plus faible. Or pendant la deuxième mesure, le rayonnement des parois activées agit seul pour ioniser l'air du condensateur, tandis que pendant la première mesure, l'émanation agit également ; on peut donc supposer qu'elle aussi émet un rayonnement. Ce rayonnement est nécessairement très peu pénétrant puisqu'il ne fait pas sentir son action à l'extérieur.

Quand une lame solide qui a été activée par l'émanation se désactive à l'air libre, la loi de désactivation dépend du temps pendant lequel la lame a été laissée au contact de l'émanation. Si l'action de l'émanation a été prolongée (plus de 24 heures, par exemple), la loi de désactivation est donnée par la différence de deux exponentielles. L'intensité du rayonnement I peut, en ce cas être représentée en fonction du temps t par l'équation

$$I = I_0 \left[K e^{-bt} - (K - 1)\, e^{-ct}\right]$$

I_0 étant l'intensité du rayonnement à l'origine du temps, c'est-à-dire au moment où l'on soustrait la lame à l'action de l'émanation ; K, b et c sont trois coefficients constants :

$$K = 4{,}2 \qquad b = 0{,}000413 \qquad c = 0{,}000538$$

en prenant comme unité de temps la seconde.

Ces résultats ont été représentés (fig. 5) courbe 1 ; le logarithme de I a été porté en ordonnées et le temps en abscisses. Une heure et demie après le début de la désactivation, la deuxième exponentielle est devenue négligeable par rapport à la première dans l'expression de I, et la courbe représentative est

devenue une droite. A partir de ce moment, l'activité diminue de moitié pendant chaque période de 28 minutes.

Si la durée d'action de l'émanation a été moins longue, la loi de variation du rayonnement pendant la désactivation est bien plus complexe. On a représenté

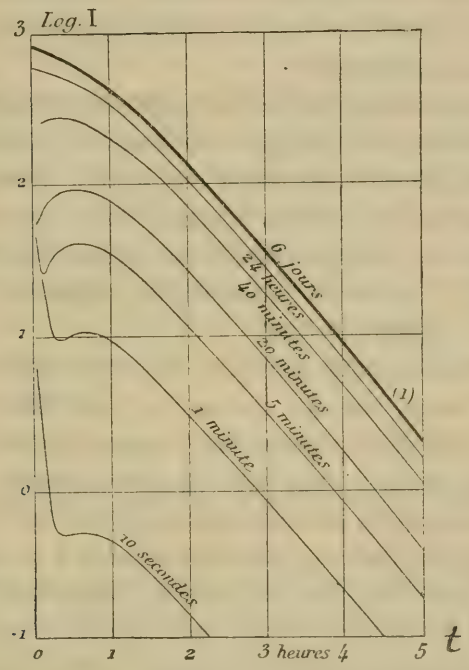


Fig. 5.

(fig. 5) les résultats des expériences pour divers temps d'activation, ces temps étant indiqués sur les courbes correspondantes. On voit, par exemple, que pour un temps d'activation de cinq minutes, l'intensité du rayonnement pendant la désactivation commence par baisser rapidement jusqu'à une valeur minimum, ensuite

le rayonnement augmente, passe par un maximum et recommence à diminuer ; finalement la loi de désactivation tend vers une loi exponentielle simple qui est la même que la loi limite après activation prolongée. On arrive à expliquer ces phénomènes complexes en admettant que sur la lame activée, l'énergie radioactive affecte trois états successifs distincts, mais les développements relatifs à ce sujet sont trop longs pour prendre place dans cet article.

L'émanation du radium provoque énergiquement la phosphorescence d'un grand nombre de corps. Les réservoirs de verre contenant l'air chargé d'émanation sont lumineux, le verre de Thuringe est le plus sensible. Le sulfure de zinc phosphorescent est particulièrement sensible à l'action de l'émation du radium et donne alors une lumière intense.

Dans une enceinte activante, les corps solides s'activent d'autant plus que l'espace de gaz libre devant eux est plus grand. Quand des plaques parallèles entre elles sont placées dans une enceinte activante à une petite distance les unes des autres, chaque face de l'une des plaques s'active proportionnellement à la distance qui la sépare de la face en regard. Lorsque des tubes de verre de divers diamètres sont remplis d'émanation et communiquent entre eux, les tubes dont le diamètre intérieur est le plus grand sont en même temps ceux dont les parois sont le plus fortement radioactives ; ces tubes sont aussi les plus lumineux. Pour interpréter ces faits, on peut admettre que l'air chargé d'émanation agit sur les parois par un rayonnement qui prend naissance en tout point de la masse gazeuse, et que la radioactivité induite sur une paroi est proportionnelle au flux du rayonnement activant reçu par cette paroi.

Activité induite a évolution lente.

Un corps solide acquiert une radioactivité induite persistante très faible, lorsqu'il est resté pendant un mois au moins au contact de l'émanation du radium. Un corps retiré d'une enceinte activante après un long séjour au contact de l'émanation perd son activité d'abord rapidement suivant les lois que nous avons énoncées. Mais l'activité rayonnante ne disparaît pas complètement; il reste un rayonnement plusieurs milliers de fois plus faible que celui initial; ce rayonnement évolue avec une lenteur extrême; il continue à se produire pendant plusieurs années. (Le rayonnement passe par un minimum, il augmente ensuite lentement pendant plusieurs mois, tout en restant toujours extrêmement faible.)

Occlusion de l'émanation du radium par les corps solides

Tous les corps solides activés au contact de l'émanation du radium ont acquis la propriété d'émettre eux-mêmes en très petite quantité cette émanation. Ils conservent cette propriété pendant vingt minutes seulement à partir du moment où on les a retirés de l'enceinte activante. Cependant certains corps solides : le celluloïd, le caoutchouc, la paraffine ont la propriété de s'*imprégner d'émanation* et d'en émettre ensuite en abondance pendant plusieurs heures et même plusieurs jours.

Activité induite des liquides.

Un liquide placé dans une enceinte activée par le radium devient radioactif. On peut ainsi activer de l'eau, des solutions salines, du pétrole, etc. Ces liquides dissolvent une certaine quantité d'émanation. Quand un liquide activé est séparé du radium et enfermé dans une ampoule scellée, il perd lentement son activité suivant la loi de destruction de l'émanation (diminution de moitié en quatre jours). Quand le liquide est placé dans un vase ouvert à l'air, il perd son activité très rapidement, et l'émanation se répand dans l'air ambiant.

Variations d'activité des solutions des sels de radium et des sels de radium solides.

Une solution de sel de radium exposée à l'air d'une chambre dans un vase ouvert devient à peu près inactive. Cette solution émet de l'émanation qui se répand dans la pièce et provoque la radioactivité induite des parois. La radioactivité du radium se trouve ainsi *extériorisée*. Si on enferme la solution en tube scellé, son activité augmente peu à peu et tend vers une valeur limite qui n'est guère atteinte qu'au bout d'un mois. On peut admettre que l'émanation produite par le radium s'accumule dans le tube scellé, jusqu'à ce que la vitesse de sa destruction spontanée devienne égale au débit fourni par le radium.

Nous avons vu qu'un sel de radium solide, qui vient d'être préparé, possède une activité qui augmente avec le temps et devient environ cinq fois plus grande que

l'activité initiale. On peut admettre que l'émanation émise par le radium ne peut s'échapper que difficilement du sel solide, qu'elle s'y accumule et se transforme sur place en radioactivité induite. Un équilibre de régime s'établit quand la perte spontanée devient suffisante pour compenser la production.

Lorsqu'on chauffe au rouge un sel de radium solide. toute l'émanation qui y était accumulée s'échappe; le sel ramené à la température ambiante émet alors beaucoup moins de rayons de Becquerel; cependant, peu à peu le rayonnement reprend sa valeur primitive qui est atteinte au bout d'un à deux mois. Le sel qui a été chauffé au rouge ne possède plus guère la propriété d'émettre de l'émanation à l'extérieur ; mais cette propriété peut lui être rendue en le redissolvant et en le séchant à une température peu élevée.

Diffusion de l'émanation du radium.

Nous avons étudié, M. Danne et moi, la loi de diffusion de l'émanation du radium. Un gros réservoir en verre rempli d'air activé, communique avec l'atmosphère par un tube capillaire. On mesure en fonction du temps le rayonnement de Becquerel émis par les parois du réservoir, et on en déduit la loi de l'écoulement de l'émanation par le tube capillaire. On trouve que la vitesse de l'écoulement de l'émanation est proportionnelle à la quantité d'émanation qui se trouve dans le réservoir, elle varie proportionnellement à la section du tube capillaire et en raison inverse de sa longueur. Ces lois sont celles que l'on obtient pour un gaz mélangé à l'air dans les mêmes conditions. Le coefficient

de diffusion de l'émanation dans l'air est égal à 0.100 à la température de 10°. Ce coefficient est donc du même ordre de grandeur que celui de la diffusion de l'acide carbonique dans l'air qui est égal à 0.15 à la même température.

Radioactivité induite par le thorium et émanation du thorium.

Le thorium émet une émanation et donne lieu à des phénomènes de radioactivité induite ; ces propriétés ont fait l'objet de nombreuses études de M. Ruterford. L'action du thorium est, d'ailleurs, considérablement moins intense que celle du radium.

L'émanation du thorium disparaît spontanément suivant une loi exponentielle simple, mais la disparition est beaucoup plus rapide que pour l'émanation du radium ; la quantité d'émanation du thorium diminue de moitié en une minute et dix secondes environ, tandis que dans le cas du radium, la quantité d'émanation diminue de moitié en quatre jours. Cette différence considérable amène une modification profonde dans l'aspect des phénomènes.

Dans une enceinte fermée dont les dimensions ne sont pas trop grandes, l'émanation du radium se répand à peu près uniformément dans toutes les parties de l'enceinte. Mais dans les mêmes conditions, l'émanation du thorium se trouve accumulée dans le voisinage du thorium, parce qu'elle disparaît spontanément avant d'avoir eu le temps de se diffuser dans l'air à une distance notable.

On peut mesurer l'activité radiante d'une substance

en plaçant cette substance sur le plateau inférieur d'un condensateur formé de deux plateaux parallèles horizontaux, et en mesurant la conductibilité que la substance communique à l'air situé entre les plateaux. Si on fait cette mesure pour l'oxyde de thorium, on constate que la conductibilité de l'air est fortement diminuée quand on envoie un courant d'air entre les plateaux. L'oxyde de thorium émet, en effet, de l'émanation qui s'accumule au-dessus de la substance et contribue par son rayonnement à ioniser l'air entre les plateaux. Un courant d'air entraîne l'émanation à mesure qu'elle se dégage, et il ne reste alors comme cause ionisante que le rayonnement de Becquerel venant directement du thorium.

Si on répète la même expérience avec un sel de radium, on observe que le courant d'air ne produit qu'un effet très faible. Avec l'uranium et le polonium qui n'émettent pas d'émanation, l'effet du courant d'air est nul. Au contraire, dans le cas de l'actinium, l'action du courant d'air a pour effet de supprimer les $\frac{4}{5}$ de la conductibilité de l'air. On peut conclure que pour le thorium et surtout pour l'actinium, le rayonnement de l'émanation est très important par rapport au rayonnement de la substance radioactive elle-même.

Quand on veut activer un corps solide à saturation avec l'émanation du thorium, il est nécessaire de faire agir l'émanation pendant un temps assez long, et pour cela il faut la renouveler constamment à la surface du corps que l'on veut activer. On obtient ce résultat en faisant barboter un courant d'air continu dans une solution de sel de thorium, et en envoyant ce courant d'air chargé d'émanation sur le corps à activer. Le corps

solide activé par l'émanation du thorium se désactive spontanément suivant une loi exponentielle ; le rayonnement baisse de moitié pendant chaque période de onze heures. Ainsi, contrairement à ce qui se passe pour les émanations, l'activité induite par le thorium sur les corps solides disparaît bien plus lentement que celle induite par le radium.

Radioactivité induite par l'actinium et émanation de l'actinium.

L'actinium émet une émanation qui donne un rayonnement très intense. Cette émanation disparaît spontanément avec une rapidité extrême, elle diminue de moitié en un temps de l'ordre de grandeur d'une seconde. Dans l'air à la pression atmosphérique l'émanation émise par l'actinium ne peut se propager à plus de 7 ou 8 millimètres de distance de la substance active ; elle n'active donc que les corps solides placés tout près de la source. Au contraire, dans une enceinte vide d'air, la diffusion est rapide, et un corps placé à dix centimètres de distance de l'actinium peut encore s'activer. La radioactivité induite par l'actinium sur les corps solides disparaît suivant une loi exponentielle ; elle diminue de moitié en 36 minutes environ.

Concentration de la radioactivité induite sur les corps chargés négativement.

M. Rutherford a montré qu'un corps exposé à l'action de l'émanation du thorium s'active plus fortement quand il est porté à un potentiel électrique négatif, que

quand il est au même potentiel que les corps environnants ; au contraire, il s'active moins, s'il est porté à un potentiel électrique positif. Le même phénomène se produit pour l'activation par le radium et l'actinium. La nature de ce curieux phénomène ne me paraît pas encore bien établie.

Condensation des émanations du radium et du thorium.

MM. Rutherford et Soddy ont découvert que les émanations du radium et du thorium se condensent à la température de l'air liquide. Un courant d'air chargé d'émanation perd ses propriétés radioactives en traversant un serpentin plongé dans l'air liquide. Les émanations restent condensées dans le serpentin ; elles se retrouvent à l'état gazeux quand on réchauffe celui-ci. L'émanation du radium se condense à — 150°, celle du thorium se condense à une température comprise entre — 100° et — 150°. On peut faire l'expérience suivante : Deux réservoirs de verre, l'un gros, l'autre petit, communiquent ensemble ; ils sont remplis de gaz activé par le radium. On plonge le petit réservoir dans l'air liquide. Le gros réservoir devient alors rapidement inactif, pendant que toute l'activité va se concentrer dans le petit réservoir. Si l'on supprime alors la communication entre les deux réservoirs et que l'on retire le petit réservoir de l'air liquide, on voit que le grand réservoir n'est pas lumineux, tandis que le petit est plus lumineux qu'au début de l'expérience. L'expérience est très brillante si l'on a eu soin d'enduire les parois internes du réservoir avec du sulfure de zinc phosphorescent.

Quand on chauffe au rouge un fil de platine activé par le thorium ou le radium, ce fil perd la plus grande partie de son activité. Mlle Fanny Cook Gates a montré que cette radioactivité se transporte sur les corps solides froids placés dans le voisinage du fil ; elle distille en quelque sorte à une température assez élevée, en passant par la forme intermédiaire d'une émanation gazeuse. La radioactivité induite des corps solides serait donc analogue à une émanation condensée.

Activité induite par le séjour des corps a l'état dissous dans une solution radioactive. Uranium X. Thorium X.

Certains corps sont activés temporairement quand ils ont séjourné dans une même dissolution avec des corps radioactifs. M. Giesel et Mme Curie ont ainsi préparé du bismuth actif en dissolvant un sel de bismuth dans une solution de sel de radium. M. Debierne a activé de même un sel de baryum dans une solution de sel d'actinium ; le sel de baryum ainsi activé présentait certaines analogies avec les sels de radium et se fractionnait de la même façon ; par cristallisation du chlorure l'activité se concentrait dans le sel qui s'était déposé.

On parvient aussi par divers procédés à diviser l'activité de l'uranium au moyen de précipitations chimiques (Crookes, Soddy, Rutherford et Grier, Debierne, Becquerel). On ajoute, par exemple, du chlorure de baryum à une solution d'azotate d'uranyle, et on précipite le baryum à l'état de sulfate en ajoutant un peu d'acide sulfurique. Le sulfate de baryum précipité, séparé et séché est radioactif ; il a entraîné une partie de l'activité de l'uranium, car le sel d'urane retiré de la

solution évaporée à sec se montre moins actif qu'avant d'avoir subi cette opération. Mais, au bout de quelques mois, le sulfate de baryum a perdu sa radioactivité, tandis que le sel d'urane a repris ses propriétés primitives. On peut admettre que le sel de baryum s'était activé au contact de l'uranium, ou encore qu'il a entraîné sous une forme spéciale une partie de l'activité de celui-ci (uranium X de Crookes).

MM. Rutherford et Soddy ont montré que si on précipite le nitrate de thorium par l'ammoniaque, l'oxyde de thorium précipité est moins actif que l'oxyde de thorium ordinaire. En revanche, la liqueur d'où il a été précipité est radioactive, et en l'évaporant à sec, on obtient un résidu très petit, mais 2500 fois plus actif que la thorine (ils appellent *thorium X* le corps radioactif de ce résidu). Au bout de quelques semaines, le résidu a perdu son activité, le thorium X a disparu, et la thorine précipitée a, au contraire, repris son activité normale. De plus, tant que le thorium X existe, il émet en abondance l'*émanation du thorium*.

MM. Rutherford et Soddy admettent que l'uranium X et le thorium X sont des produits intermédiaires de la désagrégation de l'uranium et du thorium. Le thorium, par exemple, produirait d'une façon continue le thorium X, qui se désagrégerait en donnant l'émanation du thorium, laquelle se transformerait à son tour en activité induite.

Conductibilité de l'air atmosphérique. Emanation et radioactivité induite a la surface du sol.

MM. Elster et Geitel d'une part, M. Wilson d'autre part, ont montré que l'air atmosphérique conduit tou-

jours légèrement l'électricité ; cet air est toujours légèrement ionisé. Cette ionisation semble due à des causes multiples. D'après les travaux de MM. Elster et Geitel, l'air atmosphérique renferme toujours en très petite proportion une émanation analogue à celle émise par les corps radioactifs. Des fils métalliques tendus dans l'air et maintenus à un potentiel négatif élevé, s'activent sous l'influence de cette émanation. L'air des caves et cavernes est particulièrement chargé d'émanation. On obtient encore de l'air très riche en émanation, en aspirant au moyen d'un tube enfoncé dans le sol, l'air qui y est contenu. L'air extrait de certaines eaux minérales renferme de l'émanation, tandis que l'air contenu dans l'eau de la mer et des rivières en est à peu près exempt.

D'après des recherches récentes de MM. Elster et Geitel, l'émanation contenue dans l'air atmosphérique et dans l'air extrait du sol semble être identique avec l'émanation du radium ; l'émanation de l'air atmosphérique semble d'ailleurs provenir elle-même du sol, qui contiendrait à l'état de dilution extrême une substance radioactive, probablement le radium. L'émanation que l'on trouve dans les gaz extraits des eaux de source semble être également la même que celle du radium.

La conductibilité de l'air atmosphérique est encore probablement due en partie à des radiations très pénétrantes qui traversent l'espace et dont l'origine est inconnue. Enfin il est probable que tous les corps sont légèrement radioactifs, et que ceux qui sont à la surface du sol agissent pour rendre l'air qui les entoure conducteur de l'électricité.

Constantes de temps qui caractérisent la disparition des émanations et des radioactivités induites.

Nous avons vu que les émanations radioactives et les radioactivités induites des corps solides disparaissent spontanément, et que la loi de leur disparition est, en général, une loi exponentielle simple. L'intensité du rayonnement I est donnée en fonction du temps t par une formule de la forme

$$I = I_0 e^{-at}$$

I_0 étant l'intensité initiale du rayonnement, a une constante. Cette loi exponentielle est complètement définie par la connaissance d'une *constante de temps* qui sera, par exemple, l'inverse de a dans la formule précédente. On pourra encore prendre comme constante le temps nécessaire pour que l'intensité du rayonnement diminue de moitié.

Il est fort remarquable que ces constantes de temps semblent rester invariables dans les circonstances les plus variées. C'est ainsi que l'émanation du radium diminue de moitié pendant chaque période de quatre jours, quelles que soient les conditions de l'expérience et quelle que soit la température entre $-180°$ et $+450°$; la vitesse de disparition est la même que l'émanation soit à l'état gazeux (température ambiante) ou à l'état condensé (à $-180°$). Les propriétés de l'émanation du radium nous fournissent donc un *étalon de temps invariable* et indépendant de toute convention sur les unités.

Les constantes de temps de la radioactivité permet-

tent de caractériser d'une façon précise la nature des diverses énergies radioactives.

Voici les temps nécessaires pour que l'activité tombe à la moitié de sa valeur :

Pour l'émanation du radium	4 jours.
Pour l'émanation du thorium	1 minute 10 secondes.
Pour l'émanation de l'actinium	4 secondes.
Pour la radioactivité induite par le radium	1 heure (au début de la désactivation.)
	28 minutes (pour des temps supérieurs à 2 heures après le début de la désactivation.)
Pour la radioactivité induite par le thorium.	11 heures.
Pour la radioactivité induite par l'actinium .	36 minutes.

MM. J. J. Thomson et Adam ont trouvé récemment que l'émanation de l'eau de certaines sources disparaît en diminuant de moitié pendant chaque période de quatre jours, et que cette émanation provoque une activité induite des corps solides qui disparaît de moitié en 40 minutes environ. On est donc en droit de supposer que l'émanation contenue dans ces eaux est due au radium.

Le thorium ordinaire extrait des sables monazités est faiblement radioactif. Le thorium extrait de la pechblende est fortement radioactif (thorium à actinium de Debierne). La radioactivité dans les deux cas n'est pas due à la présence de la même substance radioactive, car les constantes de temps de l'émanation et de la radioactivité induite sont différentes.

Certains corps radioactifs comme l'actinium n'ont pas encore pu être séparés à l'état de corps purs, et il y a même lieu de supposer que les substances très actives étudiées n'en renferment que des traces. Les réactions chimiques des corps ne peuvent être reconnues avec certitude lorsque ces corps se trouvent seulement à l'état dilué, mélangés à d'autres substances. Il se fait alors des entraînements dans les précipitations, et l'action des réactifs n'est pas la même que celle que l'on obtiendrait avec des corps purs. Les réactions chimiques ne peuvent donc plus servir à caractériser le corps radioactif; celui-ci sera, au contraire, caractérisé en toute circonstance par la constante de temps de l'émanation qu'il émet et par celle de la radioactivité induite qu'il provoque sur les corps solides.

Nature de l'émanation.

Suivant M. Rulherford, l'émanation d'un corps radioactif est un gaz matériel radioactif qui s'échappe de ce corps. En effet, à bien des points de vue l'émanation du radium se comporte comme un gaz.

Quand on met en communication deux réservoirs en verre dont l'un contient de l'émanation tandis que l'autre n'en contient pas, l'émanation se diffuse dans le deuxième réservoir, et quand l'équilibre est établi, on constate que l'émanation s'est partagée entre les deux réservoirs dans le rapport des volumes. On peut encore porter un des deux réservoirs à 350°, pendant que l'autre reste à la température ambiante, et on constate que dans ce cas encore l'émanation se partage entre les deux réservoirs comme le ferait un gaz parfait obéissant aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

Nous avons vu aussi que l'émanation du radium se diffuse dans l'air suivant la loi de diffusion des gaz, et avec un coefficient de diffusion comparable à celui de l'acide carbonique. Enfin, les émanations du radium et du thorium se condensent à basse température comme des gaz liquéfiables.

Toutefois il convient de rappeler que l'on n'a pu observer jusqu'ici aucune pression due à l'émanation et on n'a pas davantage constaté par une pesée la présence d'un gaz matériel. Tous nos connaissances relatives aux propriétés de l'émanation résultent de mesures de radioactivité. On n'a pas encore non plus constaté avec certitude la production d'un spectre caractéristique dû à l'émanation.

L'émanation ne saurait d'ailleurs être considérée comme un gaz matériel ordinaire, puisqu'elle disparaît spontanément d'un tube scellé qui la contient, et que la vitesse de disparition est absolument indépendante des conditions de l'expérience, en particulier de la température,

Il est fort curieux que les nombreuses tentatives faites dans des conditions très variées, pour obtenir des réactions chimiques avec les émanations, sont restées infructueuses. Pour expliquer ce fait, M. Rutherford admet que les émanations sont des gaz de la famille de l'argon.

Voici encore quelques faits difficiles à interprêter : l'émanation du radium se condense à — 150°. Or à 153° on peut, d'après Rutherford, faire passer un courant d'air continu sur l'émanation liquéfiée sans l'entraîner. Cependant la quantité d'émanation condensée doit être bien faible, et s'il existait la moindre tension de vapeur à — 153°, l'émanation ne tarderait pas à se

vaporiser dans un courant d'air. De plus, la température de condensation par refroidissement devrait être fonction de la quantité d'émanation contenue dans un volume d'air donné, ce qui n'a pas été signalé.

Nous avons trouvé, M. Debierne et moi, que l'émanation passe avec une facilité extrême à travers les trous ou les fissures les plus ténues des corps solides, alors que dans les mêmes conditions les gaz matériels ordinaires ne peuvent circuler qu'avec une très grande lenteur.

M. Rutherford suppose que le radium se détruit spontanément et que l'émanation est un des produits de sa désagrégation. Nous avons observé, M. Debierne et moi, qu'un sel de radium solide active assez rapidement par l'émanation qu'il dégage, les parois d'un réservoir rempli d'air qui le renferme. Au contraire, si l'on a fait un vide très parfait dans le réservoir, l'activation ne se produit qu'avec une lenteur extrême; elle réapparaît d'ailleurs rapidement dès qu'on a laissé rentrer un gaz. Cependant l'émanation se propage bien plus rapidement dans un gaz à très basse pression que dans le même gaz à la pression atmosphérique. On est donc conduit à admettre que dans le vide l'émanation éprouve une difficulté particulière à s'échapper du radium.

Dégagement de gaz par les sels de radium. Production d'hélium.

M. Giesel a remarqué que les solutions de bromure de radium dégagent constamment des gaz. Ces gaz sont formés principalement d'hydrogène et d'oxygène, la proportion relative étant la même que pour l'eau; ils

peuvent donc provenir de la décomposition de l'eau de la solution. Mais MM. Ramsay et Soddy ont de plus reconnu dans ces gaz la présence constante d'une petite quantité d'hélium qu'ils ont pu caractériser par son spectre obtenu au moyen d'un tube de Geissler. Les raies de l'hélium étaient aussi accompagnées de trois raies inconnues.

Un sel solide de radium dégage aussi constamment des gaz capables de produire une pression dans un tube fermé. On peut attribuer à ces dégagements gazeux deux accidents qui se sont produits dans mes expériences. Une ampoule de verre mince scellée, presque complètement remplie de bromure de radium bien sec, a fait explosion sous l'effet d'un faible échauffement. Une explosion s'est produite aussi avec du chlorure de radium sec que j'ai soumis *dans le vide* à un échauffement assez rapide à 300° ; dans ce cas ce sont les fragments du sel solide remplis de gaz occlus qui semblent avoir fait explosion.

Au moment où l'on dissout dans l'eau un sel solide de radium préparé depuis longtemps, on constate un abondant dégagement de gaz.

La production spontanée d'hélium dans un tube scellé qui renferme du radium est évidemment un fait nouveau d'une importance fondamentale. MM. Ramsay et Soddy ont de plus accumulé de l'émanation de radium et l'ont enfermée avec de l'oxygène sous basse pression dans un tube de Geissler. Ils ont obtenu des raies nouvelles qu'ils attribuent à l'émanation, et ils ont constaté de plus que le spectre de l'hélium, primitivement absent, a pris peu à peu naissance dans leur tube. L'hélium pourrait, d'après cela, être l'un des produits de la désagrégation du radium.

A l'appui des résultats qui précèdent, on peut rappeler quelques remarques que nous avions faites, Mme Curie et moi, dès le début de nos recherches. Nous avions été très frappés par le fait de la présence simultanée dans certains minéraux de l'uranium, du radium et de l'hélium. Nous avons pris 50 kilogrammes de chlorure de baryum du commerce, provenant de minerais ne renfermant pas d'urane et nous avons soumis ce chlorure à une cristallisation fractionnée, pour voir s'il renfermait des traces de chlorure de radium. Après un fractionnement prolongé, la portion de tête du fractionnement réduite à quelques grammes, ne se montrait nullement radioactive. Le baryum ne contient donc du radium que quand il provient de minerais d'urane. Ce sont encore les mêmes minerais qui contiennent de l'hélium. On peut penser qu'il y a une relation de cause à effet dans la présence simultanée de ces trois substances.

Ce résumé rapide des recherches sur la radioactivité suffit pour montrer l'importance du mouvement scientifique qui a été provoqué par l'étude de ce phénomène. Les résultats obtenus sont de nature à modifier les idées que l'on pouvait avoir sur l'invariabilité de l'atome, sur la conservation de la matière et la conservation de l'énergie, sur la nature de la masse des corps et de l'énergie répandue dans l'espace. Les questions les plus fondamentales de la science sont donc remises en discussion. En dehors de l'intérêt théorique dont ils sont l'objet, les phénomènes de radioactivité donnent de nouveaux moyens d'action au physicien, au chimiste, au physiologiste et au médecin.

BIBLIOGRAPHIE

Rayonnement de l'uranium. Becquerel, *Comptes rendus* 1896, 1897, diverses notes. Mme Curie, *Comptes rendus*, avril 1898. Rutherford *Philos. Mag.*, t. XLVII, p. 109, 1899.

Minéraux radioactifs. Mme Curie, *Comptes rendus*, avril 198.

Rayonnement du thorium. Schmidt, *Wied. Ann.*, t. XLV, p. 141. Mme Curie, *Comptes rendus*, avril 1898. Rutherford, *Philos. Mag.*, t. XLVII, p. 109, 1899. Owens, *Philos. Mag.*, octobre 1899.

Rayonnement du polonium. P. Curie et Mme Curie, *Comptes rendus*, 18 juillet 1898. Mme Curie, *Revue générale des sciences*, 30 janvier 1899. Mme Curie, *Comptes rendus*, 8 janvier 1906. Thèse de doctorat, juin 1903. Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 979 et 1154, et t. CXXIX, p. 1230. Marckwald, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, juin et décembre 1902. Becquerel, *Comptes rendus*, 27 avril 1903 (rayons α), 16 février 1903.

Radium. P. Curie, Mme Curie et Bémont, *Comptes rendus*, 26 décembre 1898.

Poids atomique du radium. Mme Curie, *Comptes rendus*, 13 novembre 1899, août 1900, 21 juillet 1902. Thèse de doctorat, 1903, *Physik. Zeitschr.* 1903, p. 456.

Spectre du radium. Demarçay, *Comptes rendus*, décembre 1898, novembre 1899, juillet 1900. Giesel. *Physik. Zeitsch*, 15 septembre 1902. Runge und Precht, *Physik. Zeitschrift*, t. IV, p. 285, 1903.

Rayonnement du radium. M. et Mme Curie, *Comptes rendus*, 20 novembre 1899, 8 janvier 1900, p. 73 et 76, 5 mars 1900 (charge électrique des rayons), 17 février 1902 (conductibilité des liquides sous l'action des rayons). Becquerel, *Comptes rendus*, 4 et 11 décembre 1899, 26 décembre 1899. 29 janvier 1900, 12 février 1900, 9 avril 1900, 30 avril 1900. Giesel, *Wied Ann.*, t. LXIX, p. 91 et 834. S. Meyer et V. Schweidler, *Académie de Vienne*, 7 décembre 1899 et 3 novembre 1899. Kaufmann, *Nachrichten der K.Gesel. d. Wiss. zu Gœttingen*. 1901, Heft 2. Rutherford. *Philos. Mag.*, février 1903. Becquerel, *Comptes rendus*, 26 janvier 16 février et juin 1903. Des Coudres, *Physik. Zeitschrift*, 1er juin 1903. William Crookes (spinthariscope), *Chemical News*, 3 avril 1903.

Chaleur dégagée par le radium. P. Curie et Laborde, *Comptes rendus*, 16 mars 1903. P. Curie, *Roy. Inst.*, 19 juin 1903.

Actinium. Debierne, *Comptes rendus*, 16 octobre 1899, 2 avril et 30 juillet 1900, 16 février et 16 mars 1903.

Plomb radioactif. Giesel, *Ber. Dtsch. chem. Ges.*, t. XXXIV, p. 3779, 1901. Hofmann et Strauss, *Ber. Dtsch. chem. Ges.*, t. XXXIII, p. 3126, 1900.

Radioactivité de tous les corps. STRUTT, *Philos. Trans.*, 1901, *Philos. Mag.*, juin 1903. MAC LENNAN et BURTON, *Philos. Mag.*, juin 1903. Lester COOKE, *Philos. Mag.*, octobre 1903.

Radioactivité induite et émanation du radium. M. et Mme CURIE, *Comptes rendus*, 6 novembre 1899. P. CURIE et DEBIERNE, *Comptes rendus*, 1901 (5 notes). P. CURIE, *Comptes rendus*, 17 novembre 1902, 26 janvier 1903. P. CURIE et J. DANNE, *Comptes rendus*, 9 février et 2 juin 1903. DORN, *Abhand Naturforsch. Ges. Hall.*, juin 1900. RUTHERFORD et Miss BROOKS, *Chem. News*, 25 avril 1902. RUTHERFORD et SODDY, *J. Chem. Soc. London*, avril 1902. RUTHERFORD, *Physik Zeitsch.*, 15 mars 1902, et *Philos. Mag.*, novembre 1902 et janvier 1903. RUTHERFORD et SODDY (condensation des émanations), *J. Chem. Soc. London*, 19 novembre 1902, et *Philos. Mag.*, mai 1903.

Radioactivité induite et émanation du thorium. RUTHERFORD, *Philos. Mag.*, janvier et février 1900, *Physik. Zeitsch.*, 20 avril 1901. RUTHERFORD et SODDY, *J. Chem. Soc. London*, avril 1902, *Philos. Mag.*, 1902, p. 370 et 569. RUTHERFORD, *Physik. Zeitsch.*, 15 février et 15 mars 1902, *Philos. Mag.*, novembre 1902 et janvier 1903.

Radioactivité et ionisation de l'atmosphère, de l'eau des sources. ELSTER et GEITEL, *Physik. Zeitsch.*, 1900 et 1901. WILSON, *Proc. royal Soc. London*, 1901. RUTHERFORD et ALLEN, *Philos. Mag.*, 24 décembre 1902. ELSTER et GEITEL, *Physik. Zeitsch.*, 15 septembre 1902, MAC LENNAN, *Philos. Mag.*, t. V, p. 419, MAC LENNAN et BURTON, *Philos. Mag.*, juin 1903. SAAKE, *Phys. Zeitsch.*, 1903. Lester COOKE, *Philos. Mag.*, octobre 1903. J.-J. THOMSON, *Conduction of electricity through gases*, Cambridge 1903. ELSTER et GEITEL, *Archives*, t. XVII, p. 5, janvier 1904.

Gaz dégagés par le radium. GIESEL, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 1903, p. 347. RAMSAY et SODDY, *Physik Zeitsch.*, 15 septembre 1903.

Effets physiologiques des rayons de Becquerel, action sur l'épiderme. WALKOLL, *phot. Rundschau*, octobre 1900. GIESEL, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, t. XXIII. BECQUEREL et CURIE, *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 1289. **Action sur l'œil.** GIESEL, *Naturforscherversammlung*, 1899. HIMSTEDT et NAGEL, *Ann. der Physik.*, t. IV, 1901.

Actions physiologiques. ASCHKINASS et CASPARI, *Ann. der Physik.*, t. VI, p. 570, 1901. DANYSZ, *Comptes rendus*, 16 février 1903. BOHN, *Comptes rendus*, 27 avril et 4 mai 1903. **Traitement du lupus.** DANLOS, *Soc. de dermatologie*, 7 novembre 1901. HALLOPAU et GADAUD, *Soc. de dermatologie*, 3 juillet 1902. BLANDAMOUR, thèse, faculté de médecine de Paris, 1902.

SUR LA

RADIATION DANS LE SYSTÈME SOLAIRE

SES EFFETS SUR LA TEMPÉRATURE

ET

SA PRESSION SUR LES CORPS DE PETITE DIMENSION

PAR

J.-H. POYNTING[1]

I. — Température.

Lorsqu'une surface est un radiant et absorbant absolument *noir*, sa température est donnée par la loi de la quatrième puissance en fonction du flux d'énergie :

$$R = \sigma\theta^4 \tag{1}$$

Où R est l'énergie émise par seconde, σ une constante, et θ, la température ramenée à l'échelle absolue ayant pour zéro le zéro absolu — 273° C et pour degré le degré centigrade. La température exprimée en de-

[1] *Note de la Réd.* — En donnant ici, avec l'autorisation de l'auteur, un résumé du mémoire de M. Poynting, publié dans les *Phil. Trans. of the royal Society of London*, 1903, nous croyons que nos lecteurs prendront connaissance avec intérêt de la méthode très simple employée pour résoudre les problèmes relatifs à la radiation solaire et des résultats numériques qui en sont déduits.

grés absolus est notée par la lettre A. Pour le soleil, d'après Kurlbaum, la constante σ a pour valeur $5,32 \times 10^{-5}$ erg. D'autre part, on désigne par constante solaire le nombre de calories reçues par minute sur un centimètre carré normal au rayon solaire à la distance où se trouve la terre. La valeur numérique que l'auteur est conduit à considérer comme la plus probable est celle trouvée par Rosetti qui, réduite à la seconde donne pour S la constante solaire, $0,175 \times 10^{7}$ ergs. De ces deux données numériques, il est possible en premier lieu de déduire la température *effective* du soleil, c'est-à-dire celle d'un radiant absolu qui émettrait l'énergie calorifique du soleil. La relation entre le flux R et la constante S est donnée par l'équation

$$4\pi s^2 R = 4\pi r^2 S$$

où s est le rayon du globe solaire et r la distance de la terre, il en résulte pour R la valeur $0,805 \times 10^{11}$, et par la relation (1) $\theta = 6200°$ A. Cette température, si l'on s'en tient à la valeur donnée pour S, suppose une transmission zénithale de 53 %, et plus faible que celle admise par certains observateurs, qui est de 70 %. L'auteur fait observer que cette donnée est nécessairement variable et que la valeur de S qui dépend à la fois de la mesure thermométrique et de l'hypothèse sur la transmission zénithale présente des différences notables.

Température effective de l'espace. — Pour déterminer la température d'équilibre d'un corps dans l'espace solaire, il faut en premier lieu savoir s'il y a lieu de tenir compte d'un autre rayonnement que celui du soleil. Le rapport numérique du rayonnement stellaire à celui de la pleine lune et le rapport numérique de ce

dernier à celui du soleil permettent d'établir que l'illumination d'un hémisphère entièrement fermé par des soleils est à celle de l'hémisphère stellaire dans le rapport de $1,84 \times 10^{11}$ à 1. En admettant que le rapport qui existe pour la partie lumineuse de l'émission est vraie pour la totalité de l'émission d'énergie, et en appliquant la relation (1) aux deux émissions, solaire et stellaire. ce qui donne le rapport des températures effectives, on trouve 10° A pour celle de l'espace. Il résulte de là que si un corps est porté à une température qui ne soit même qu'un faible multiple de 10, par exemple 60, la loi de la quatrième puissance montre que ce corps rayonne et par conséquent reçoit du soleil mille fois plus d'énergie que de l'espace. On peut donc ne pas tenir compte de la radiation de l'espace.

Température d'une planète à la même distance du soleil que la terre, et supposée satisfaire à certaines conditions. — Ces conditions théoriques sont : 1° La planète tourne autour d'un axe normal au plan de l'orbite. 2° L'effet de l'atmosphère rend la température constante, le jour et la nuit, en un point quelconque; l'auteur fait observer que sur la mer, qui ferme les deux tiers de la surface terrestre, la variation diurne est très faible, de l'ordre de 1 ou 2° C; 3° La surface même et l'atmosphère qui la surmonte ont une même température effective comme radiant absolu, ce qui diffère notablement de la réalité, mais dans quelle mesure, il n'est pas possible de l'estimer; 4° Il n'y a pas convection de chaleur d'une latitude à une autre, hypothèse qui s'écarte notablement des faits, mais il est démontré plus loin que le transport de calorique, même tel qu'il rendrait la température uniforme, a très peu d'influence

sur la température moyenne. 5° La réflexion est le dixième de la radiation reçue. 6° La planète émet finalement par rayonnement la totalité de la chaleur reçue du soleil, ce qui est très rapproché de la réalité, car la terre émet un peu plus qu'elle ne reçoit, quelque chose comme environ une calorie par centimètre carré en trois jours.

Calcul de la température de la planète théorique. — Considérons une bande comprise entre les latitudes λ et $\lambda + d\lambda$; la surface qui reçoit à un instant quelconque le rayonnement solaire, projetée normalement au rayon solaire est (fig. 1), $2r^2 cos^2\lambda d\lambda$, r étant le rayon de la

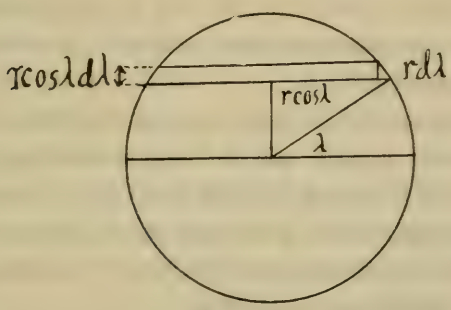


Fig. 1.

planète. Cette bande a pour coefficient d'absorption 0,9 et par conséquent la chaleur absorbée est $0,9\ S \times 2r^2 cos^2\lambda d\lambda$. D'autre part, cette même bande a une surface d'émission égale à $2\pi r^2 cos\lambda d\lambda$, et puisqu'elle émet autant qu'elle reçoit, l'émission par unité de surface est le rapport des deux quantités ci-dessus, qui est

$$\frac{0,9\ S\ cos\lambda}{\pi}$$

et en désignant par θ_λ la température à cette latitude, on a par la loi de la quatrième puissance

$$\theta_\lambda = \left(\frac{0{,}9 \times 10^5\ S}{5{,}32\ \pi}\right)^{1/4} \cos\lambda^{1/4}$$

Si θ_e est la température équatorale, θ_λ est égal à $\theta_e \cos\lambda^{1/4}$. Une intégrale donne la température moyenne en fonction de la température équatoriale et on la trouve égale à 0,93 θ_e, d'où résulte qu'elle est très voisine de la température à la latitude 45° qui est 0,917 θ_e. La valeur numérique de θ_e est 312° A.

Si, au lieu d'admettre qu'il n'y a pas le transport de chaleur d'une latitude à l'autre, on suppose au contraire que la température s'égalise, un calcul aisé montre que la température unique θ est 293° A, très peu différente de la température moyenne dans la première hypothèse, qui est 298° A.

Comparant ces résultats avec la température réelle de la terre, on sait que la température moyenne est environ 16° C, ce qui fait 289° A et comme l'atmosphère est à une température plus basse que le sol, nous devons considérer la température effective de la terre comme un peu plus faible que 289° A.

Limite supérieure de la température d'un radiant absolu dont la surface est exposée normalement aux rayons solaires. — Pour l'obtenir il faut égaler la radiation à la constante solaire, puisque la température limite suppose que l'émission égale l'absorption. De l'équation :

$$5{,}32 \times 10^{-5}\ \theta^4 = 0{,}175 \times 10^7$$

on tire $\theta = 426°$ A.

Si la surface n'absorbe qu'une proportion x, la température effective est

$$x^{1/4} \times 426°\ \text{A}.$$

S'il s'agit de la surface de la lune, la valeur de x est estimée d'après Langley à $^7/_8$, ce qui donne 412° A, correspondant à la partie la plus chaude d'une lune sans atmosphère. On peut déduire de là la température effective de la pleine lune vue de la terre, c'est-à-dire celle d'un disque de température uniforme émettant le même total et le calcul donne 371° A, ce qui est un peu au-dessus de l'eau bouillante, et diffère notablement de l'estimation de Langley, un peu au-dessus de la glace. Il faut en conclure qu'une portion considérable de la chaleur absorbée est conduite à l'intérieur, et en évaluant la température réelle à $^4/_5$ de la limite trouvée, soit 297° A, la proportion de chaleur absorbée par conductibilité est $^3/_5$.

Température d'un corps sphérique de rayon a de l'ordre de un centimètre à la même distance que la terre.—La surface réceptrice étant πa^2, elle reçoit πa^2 S; la surface radiante est $4\pi a^2$ et par conséquent l'émission par unité est $^1/_4$ S. En donnant à S sa valeur en calories par seconde et en supposant que la conductibilité soit comprise entre 0,01 et 0,001 comme pour les roches terrestres, on voit qu'une différence de quelques degrés entre les faces opposées suffit pour que le flux intérieur soit égal au flux rayonnant. On peut donc considérer la température de la surface comme à peu près uniforme pour le cas de l'équilibre de température et si θ_s est la température du soleil, on a

$$\theta^4 : \theta_s^4 = S/4 : 46000\ S$$

46000 est le rapport r^2/s^2 où r est la distance de la terre et s le rayon du soleil. En effet le flux de l'unité de surface du soleil est au flux reçu à la distance r par

l'unité de surface dans ce rapport. En faisant θ_s égal à 6200° A, on trouve pour θ 300° A.

Variation de la température avec la distance au soleil. — La radiation reçue varie en raison inverse du carré de la distance, et par conséquent aussi la radiation émise qui lui est égale; donc à cause de la relation (1) la température varie en raison inverse de la racine carrée de la distance. Par conséquent, pour étendre aux autres planètes les résultats obtenus, il faut les multiplier par

$$\sqrt{\frac{\text{Distance de la terre}}{\text{Distance de la planète}}}$$

On obtient ainsi la table suivante :

A la distance de	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Neptune
Temp. équat. de la pl.	502	368	312	253	56
» moy. »	467	342	290	235	52
Temp. d'un corpuscule	483	358	300	243	54

Les grandes planètes ne sont pas mentionnées parce qu'il est probable qu'elles émettent de la chaleur qui leur est propre et le calcul pour Neptune sert à montrer quelle basse température il faudrait leur attribuer s'il en était autrement. Si l'on admet que Vénus et Mercure ont un axe de rotation de manière à réaliser cette condition de la planète théorique, leur température est assez élevée pour expliquer l'hypothèse de nuages masquant la surface. Mars au contraire aurait une température inférieure à la congélation de l'eau.

La température du corpuscule est peu différente de celle de la planète.

A une distance quatre fois moindre que la terre, la température est 600° A, à une distance vingt-cinq fois moindre elle est 1500° A.

II. — Pressions dues a la radiation.

La pression de la radiation sur la surface réceptive, déduite d'abord par Maxwell de la théorie électromagnétique de la lumière, est maintenant établie expérimentalement par l'ouvrage de Lebedew et confirmée par celui de Nichols et Hull. D'après les recherches de Larmer, on peut considérer un pinceau de rayonnement comme un flux de quantité de mouvement dirigé suivant son axe et si E est la densité de l'énergie et U la vitesse, E/U est la densité de la quantité de mouvement.

Supposons un faisceau parallèle d'énergie S par seconde sur un centimètre carré normal au rayon, et incliné d'un angle θ sur la normale à la surface réceptive. La quantité de mouvement par seconde est $S\cos\theta/U$, ce qui donne

$$\text{Pression normale} = S\cos^2\theta/U$$
$$\text{Pression tangentielle} = S\cos\theta\sin\theta/U$$

Si le flux est entièrement absorbé, ces deux forces existent ; si le flux est entièrement réfléchi, la pression normale est doublée et la tangentielle annulée ; si une fraction μ est réfléchie, on a

$$\text{Pression normale} = (1 + \mu)\, S\cos^2\theta/V$$
$$\text{Pression tangentielle} = (1 - \mu)\, S\cos\theta\sin\theta/U$$

Pression de la radiation en plein soleil. — Si un absorbant absolu est exposé normalement à la radiation solaire à la distance de la terre, d'après ce qui précède, puisque θ est zéro, la pression est $S/U = 5{,}8 \times 10^{-5}$ dyne/centim. carré.

Pression entre de petits corps et comparaison avec leur gravitation mutuelle. — Soit une sphère de rayon a et de densité ρ; elle reçoit du soleil un flux $\pi a^2 S/U$; sa propre radiation supposée égale dans toutes les directions a une résultante nulle; la gravitation à la distance où se trouve la terre est 0,39 centim./sec².

Le rapport est donc :

$$\frac{\text{pression}}{\text{gravit}} = \frac{\pi a^2 S}{U \times 4/3\, \pi a^3 \rho \times 0{,}59}$$

On trouve en supposant $\rho = 1$ que ce rapport devient égal à l'unité si $a = 74 \times 10^{-6}$. C'est le résultat connu qu'un corpuscule de la dimension d'une longueur d'onde de lumière rouge serait également repoussé et attiré.

Un calcul analogue donne le rapport de la pression exercée mutuellement par deux sphères de rayons a et b dont la distance est très grande par rapport à leurs dimension et leur attraction. Les flux d'énergie sont R et R′ et la pression exercée par A sur B est $\pi a^2 b^2 R^2/Ud^2$ où d est la distance. Quand on suppose les densités égales à l'unité, les rayons égaux et la température la même et désignée par θ, si P est la pression et G la force de gravitation. on obtient la relation

$$a = 2{,}18\, \theta^2 \times 10^{-4} \sqrt{\frac{G}{P}}$$

En faisant $\theta = 300°$ A, la température du corpuscule à la distance de la terre, G = P si $a = 1{,}9$ cent.; c'est donc la dimension d'un globule d'eau pour lequel les deux forces se contrebalancent. En faisant la densité égale à 11, celle employée dans les mesures de

Cavendish, pour que F = P il faut que $a = 1,78$ cent. Mais d'autre part, dans ces mesures, on prend toujours le plus grand soin pour que les sphères et l'enceinte soient à la même température, ce qui exclut l'action répulsive mutuelle. Le cas intéressant est celui de deux petites météorites dans l'espace interplanétaire. En leur suppsant la densité de la terre, 5,5, et la température 300° A, pour que F = P il faut que $a = 3,4$ cent. Si le rayon est plus petit, l'effet est une répulsion. Lorsque la distance au soleil diminue, la valeur du rayon correspondant à l'équilibre des deux forces est inverse de cette distance. Ainsi, à la distance de Mercure, le rayon serait de 9 cent. On voit qu'un anneau de petites planètes de 3,4 cent. de rayon et de densité 5,5 circulerait autour du soleil sans attraction ou répulsion mutuelles. Il semble possible que si Saturne a une température suffisamment élevée, des considérations de ce genre puissent s'appliquer à ses anneaux.

Inégalité de l'action et de la réaction de deux corps radiants. — On a vu que les répulsions mutuelles de deux sphères A et B ne sont égales que si R = R'. En fait, les deux corps n'agissent pas directement l'un sur l'autre; chacun envoie un flux de quantité de mouvement dans le milieu ambiant qui est intercepté en partie par l'autre. Il serait aisé d'imaginer des cas dans lesquels les forces ne seraient ni opposées, ni dirigées de même. Quant à la nature de la quantité de mouvement transmise par le milieu ambiant, on peut douter qu'il soit identique au produit d'une masse par une vitesse et il convient de lui laisser sa forme indéterminée.

Pression de la radiation sur une surface en mouve-

ment. — Suivant que l'élément de surface qui émet un flux d'énergie se meut dans le sens de la propagation de cette énergie ou en sens contraire, il y a production de travail par la surface elle-même, qui s'ajoute à l'énergie émise ou production de travail par le flux qui se soustrait de ce flux. L'analyse mathématique appliquée à ce principe conduit à des conséquences diverses. Si une sphère de rayon a se meut avec une vitesse u, supposée très petite par rapport à la vitesse de propagation U, chaque élément subit une augmentation ou une diminution de pression qui se résoud dans les deux composantes normale et tangentielle, L'intégrale pour la sphère entière donne une force retardatrice égale à $8/3 \times Ru\pi a^2/U^2$. Si la sphère de rayon a tourne avec une vitesse angulaire ω, tout élément de surface de latitude λ se meut dans son propre plan avec une vitesse $\omega \cos\lambda$, ce qui correspond au cas où la vitesse est à angle droit avec la normale et n'altère pas la pression normale, mais introduit une tension tangentielle. On trouve ainsi une diminution de ω dont la grandeur est du même ordre que u.

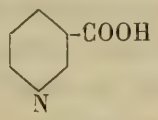
SYNTHÈSE DE LA NICOTINE

PAR

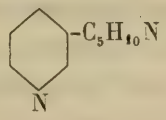
Amé PICTET, Pierre CRÉPIEUX et Arnold ROTSCHY

Retirée pour la première fois en 1828 des feuilles de tabac par Posselt et Reimann[1], la nicotine a été l'objet d'un très grand nombre de travaux, qui ont fixé sa composition et fait connaître ses propriétés physiques, chimiques et physiologiques; mais sa *constitution* n'a point été jusqu'ici déterminée d'une manière définitive.

La première donnée relative à cette constitution a été fournie en 1867 par Huber[2]; ce savant, ayant soumis la nicotine à l'oxydation au moyen du mélange chromique, obtint un acide monobasique, auquel il donna le nom d'*acide nicotianique.* Quinze ans plus tard (1882), MM. Hoogewerff et van Dorp[3] démontrèrent que ce composé constitue l'*acide pyridine-β-carbonique* (formule I); il en résultait que la nicotine, $C_{10}H_{14}N_2$, est elle-même un dérivé de la pyridine, possédant dans la position β une chaîne latérale formée par un groupe $C_5H_{10}N$ (II).



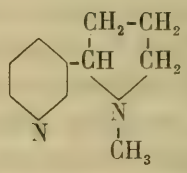
I.



II.

[1] *Magazin für Pharmacie*, 24, 138.
[2] *Annalen der Chemie*, 141. 271.
[3] *Recueil des Pays-Bas*, 1. 1. 107.

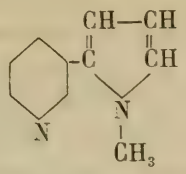
Plusieurs hypothèses furent émises au sujet de la nature de ce groupe ; on voulut y voir, tantôt un second noyau pyridique réduit, tantôt une chaîne ouverte. L'expérience seule pouvait décider; des recherches furent entreprises dans ce sens, vers 1890, par M. Pinner d'un côté, et par M. Blau de l'autre. Elles conduisirent leurs auteurs à cette même conclusion, que la *seconde moitié* de la molécule de la nicotine ne devait probablement être formée, ni par un noyau pipéridique, ni par une chaîne ouverte, mais bien par un noyau *pyrrolidique*, et en 1893 M. Pinner[1] proposait comme formule constitutionnelle de la nicotine l'expression suivante :



M. Blau arriva de son côté à des résultats qui semblaient appuyer cette interprétation. Il avait repris l'étude d'un autre produit d'oxydation de la nicotine, que Cahours et Etard[2] avaient obtenu en traitant cette base par le ferricyanure de potassium. M. Blau[3] trouva que ce corps, qui renferme 4 atomes d'hydrogène de moins que la nicotine, et qu'il appela *nicotyrine*, possède les caractères des pyrrols et que l'on pouvait

[1] *Berichte*, **26**. 294.
[2] *Comptes rendus*, **90**. 275; **92**. 1079.
[3] *Berichte*, **27**. 2538.

expliquer toutes ses réactions en lui attribuant la formule suivante, analogue à celle de M. Pinner :



En somme, les belles recherches de MM. Pinner et Blau avaient eu pour résultat de rendre très probable la formule proposée par le premier de ces auteurs, mais elles n'en avaient point donné la preuve définitive. C'est alors que nous avons songé à fournir cette preuve au moyen de la synthèse; nous nous sommes donné pour tâche de reproduire artificiellement le groupement d'atomes exprimé par la formule de Pinner, afin de constater si le corps ainsi obtenu serait identique ou non à l'alcaloïde du tabac.

Commencé en 1895, et interrompu à diverses reprises, ce long travail vient seulement d'être terminé; il a abouti au résultat que nous espérions, c'est-à-dire à la confirmation expérimentale de la formule de Pinner, et à la synthèse complète de la nicotine. Nous en donnons dans les pages qui suivent un court résumé, renvoyant pour les détails à nos publications sur le sujet dans les *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*[1].

Ce travail comprend trois chapitres distincts :

I. La synthèse de la nicotyrine.

II. La transformation de la nicotyrine en nicotine inactive.

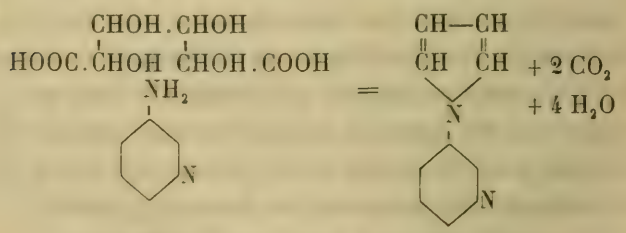
[1] *Berichte* **28**. 1904; **31**, 2018; **33**. 2353, 2355; **37**. 1225.

III. Le dédoublement de la nicotine inactive en ses deux modifications optiques[1].

I. Synthèse de la nicotyrine.

Deux réactions déjà connues semblaient pouvoir être mises à profit pour réaliser l'union des deux noyaux pyridique et pyrrolique dans la position respective où ils se trouvent, selon M. Blau, dans la nicotyrine.

La première de ces réactions, qui a souvent été utilisée pour la préparation du pyrrol et de ses dérivés substitués à l'azote, repose sur la distillation sèche des sels d'ammonium de l'acide mucique. On sait que le mucate d'ammoniaque se décompose, lorsqu'on le chauffe, en donnant de l'acide carbonique, de l'eau et du pyrrol. Les mucates de méthylamine, d'éthylamine, d'aniline, se transforment de même en N-méthyl, éthyl et phénylpyrrols. On pouvait donc prévoir que ce procédé, appliqué au mucate de *β-aminopyridine* (III), fournirait le N-*β-pyridylpyrrol* (IV) :

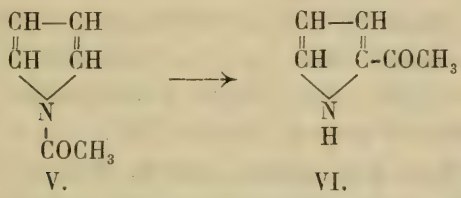


III. IV.

La seconde des réactions auxquelles nous faisons

[1] Si nous voulions préciser la part exacte que chacun de nous a prise à ces recherches, nous pourrions ajouter que la première partie a été exécutée plus spécialement par MM. Pictet et Crépieux, la seconde par M. Pictet et la troisième par M. Rotschy.

allusion avait été observée, dans un cas spécial, par MM. Ciamician et Magnaghi[1]; d'après ces auteurs, lorsqu'on chauffe le N-*acétylpyrrol* (V) à 280°, il subit une transposition moléculaire, qui le convertit en un C-*acétylpyrrol*; le radical acétyle quitte l'azote pour venir se fixer à l'un des atomes de carbone du noyau. MM. Ciamician et Silber[2] montrèrent plus tard que cette migration a lieu dans la position α (VI).



Cete réaction était-elle générale, et pouvait-elle intéresser des radicaux autres que le groupe acétyle, et en particulier des radicaux non acides? Quelques essais préliminaires que nous avons faits avec le N-phénylpyrrol, et que MM. G. Long[3] et A. Steinmann[4] ont répétés avec les naphtylpyrrols et le méthylpyrrol, ont montré que, dans tous ces cas, la migration a lieu, et l'un de nous[5] a pu prouver que, pour le radical méthyle tout au moins, elle se fait également en α.

Il était donc fort probable qu'en chauffant à une température suffisamment élevée le N-β-pyridylpyrrol (VII),

[1] *Berichte* 18. 1828.

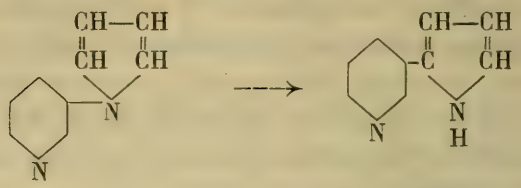
[2] *Berichte* 20. 698.

[3] Sur quelques dérivés aromatiques du pyrrol. *Thèse*. Genève 1897.

[4] Sur quelques dérivés du pyrrol. *Thèse*, Genève 1901.

[5] Expériences inédites.

obtenu comme il vient d'être dit, nous le verrions se convertir en *α-β-pyridylpyrrol* (VIII).



VII. VIII.

L'expérience est venue confirmer ces prévisions.

La *β-aminopyridine*, qui devait nous servir de point de départ pour cette double transformation, venait d'être préparée pour la première fois, dans le laboratoire de M. le prof. Græbe, par M. Philips[1]. Celui-ci l'avait obtenue en convertissant l'acide nicotianique dans son amide et en traitant celle-ci par l'hypobromite de sodium. Nous l'avons préparée de la même manière, et nous l'avons distillée avec la quantité calculée d'acide mucique. Le produit nous donna à l'analyse des chiffres correspondant à la formule du N-*β-pyridylpyrrol :*

	Trouvé.	Calculé pour $C_9H_8N_2$.
C	75.08 %	75.00 %
H	5.52	5.56
N	19.19	19.44

Ce corps est un liquide jaune-pâle, bouillant à 250-251° etpossédant à 24° une densité de 1,1044. Il est très peu soluble dans l'eau, colore le bois de sapin en bleu et constitue une base monoacide.

Pour opérer sa transposition en *α-β-pyridylpyrrol*, nous l'avons distillé à travers un tube chauffé au rouge

[1] *Chemiker-Zeitung* 18. 642.

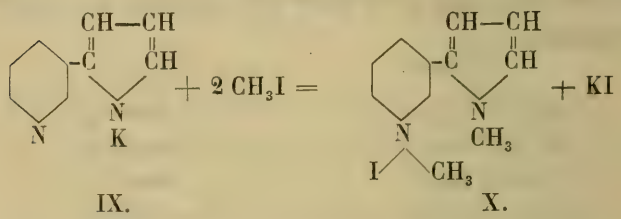
sombre. Nous avons obtenu un produit huileux qui au bout de peu de temps s'est presque entièrement solidifié ; par cristallisation dans un mélange de benzène et d'éther de pétrole, il s'est transformé en une masse blanche, formée de petites aiguilles enchevêtrées et colorant le bois de sapin en bleu foncé. La composition de cette substance a été fixée par l'analyse de son sel de platine :

	Trouvé.	Calculé pour $(C_5H_5N_2 . HCl)_2 PtCl_4 + 2H_2O$.
H_2O	5,10 %	4,91 %
Pt	26,43	26,53
C	29,70	29,48
N	2,97	3,00

A côté de ses propriétés basiques, l'α-β-pyridylpyrrol possède aussi des propriétés acides faibles ; il réagit avec le potassium en dégageant de l'hydrogène et en donnant un sel cristallin blanc, insoluble dans l'éther. Celui-ci prend naissance par substitution d'un atome de potassium à l'hydrogène du groupe NH, et sa formation constitue la meilleure preuve de la migration du groupe pyridyle. Quant au fait que cette migration s'est effectuée dans la position α, il nous semble, comme il a été dit plus haut, devoir être admis par analogie avec ce qui a lieu dans le cas de l'acétylpyrrol et dans celui du méthylpyrrol.

Pour transformer l'α-β-pyridylpyrrol en *nicotyrine*, il ne restait plus qu'à remplacer ce même atome d'hydrogène du groupe NH par le radical méthyle. Le meilleur procédé pour cela semblait être de faire réagir l'iodure de méthyle sur le sel de potassium (IX). En chauffant le mélange des deux corps au bain-marie pendant trois heures, nous avons obtenu de longues

aiguilles jaunes, fusibles à 210° et colorant le bois de sapin en vert. Ce composé n'était cependant point la nicotyrine, mais son *iodométhylate* (X); il avait pris naissance, comme l'on pouvait du reste s'y attendre, par l'action de *deux* molécules d'iodure de méthyle sur *une* molécule du sel potassique :



Tandis que la première molécule réagissait par double décomposition avec le groupe NK du noyau pyrrolique, la seconde s'additionnait à l'azote tertiaire du noyau pyridique.

Après quelques essais infructueux, tendant à limiter la réaction à sa première phase, nous dûmes chercher le moyen d'enlever à l'iodométhylate la molécule d'iodure de méthyle d'addition. Cette opération (transformation d'un sel quaternaire en base tertiaire) peut se faire dans beaucoup de cas, comme on le sait, par distillation sèche ; dans d'autres par l'action de l'eau à haute température. Ni l'un ni l'autre de ces procédés ne se montrèrent applicables dans le cas particulier, car ils aboutissaient, ainsi que nous l'avons constaté, à une décomposition complète de la molécule.

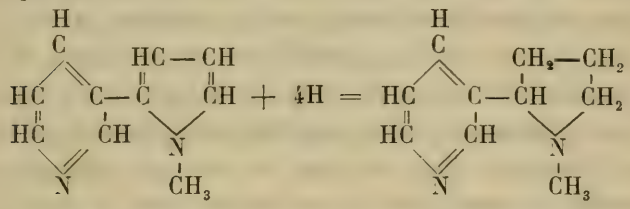
Nous pûmes cependant atteindre notre but en distillant l'iodométhylate avec de la chaux vive. Nous obtînmes ainsi une base huileuse qui, purifiée par cristallisation de son picrate, montra dans sa composition, son point

d'ébullition (272-274°), ses réactions et les propriétés de ses sels, la plus complète identité avec la *nicotyrine* préparée par oxydation de la nicotine.

	Trouvé.	Calculé pour $C_{10}H_{10}N_2$.
C	75,95 %	75,95 %
H	6,18	6,33
N	17,79	17,72

II. Réduction de la nicotyrine.

Pour transformer la nicotyrine en nicotine, selon l'équation suivante :



il s'agissait de fixer quatre atomes d'hydrogène au noyau pyrrolique sans que le noyau pyridique fût attaqué en même temps. Or, cette réduction d'une moitié seulement de la molécule ne semblait pas *a priori* pouvoir se faire directement, car le pyrrol et la pyridine se comportent de même vis-à-vis des agents d'hydrogénation. Les réducteurs faibles devaient rester sans action sur la molécule tout entière, les réducteurs énergiques devaient attaquer les deux noyaux à la fois.

Les considérations suivantes nous ont permis de tourner cette difficulté :

On a observé que le pyrrol et ses dérivés donnent facilement avec l'iode, en présence d'alcali, des produits de substitution, tandis que les bases pyridiques ne réagissent pas dans ces conditions. On sait, d'autre

part, que les corps halogénés se laissent en général plus facilement réduire que ceux qui ne le sont pas. En traitant la nicotyrine par l'iode et la soude, nous devions donc obtenir un dérivé iodé dans le noyau pyrrolique seulement, et en soumettant le produit à l'action d'un réducteur suffisamment faible, nous devions pouvoir arriver à n'attaquer que le noyau halogéné, tandis que l'autre resterait intact.

Nous avons trouvé que la nicotyrine (préparée selon les indications de M. Blau en chauffant la nicotine avec l'oxyde d'argent), fournit, lorsqu'on l'agite à froid avec une solution d'iode dans la soude caustique, un précipité blanc. Celui-ci, purifié par cristallisation dans l'alcool faible ou par distillation avec les vapeurs d'eau, se transforme en longues aiguilles plates, fusibles à 110° et colorant le bois de sapin en vert. Ce composé est soluble en jaune dans les acides minéraux et constitue une base monoacide. Son analyse conduit à la formule d'une *monoiodonicotyrine* $C_{10}H_9IN_2$.

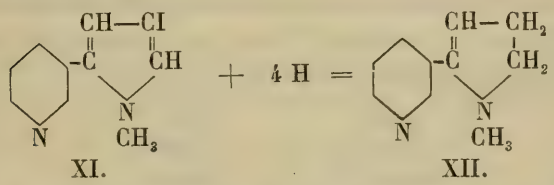
	Trouvé.	Calculé.
C	42,13 %	42,33 %
H	3,31	3,17
I	44,77	44,62

Lorsqu'on soumet ce corps à l'action des réducteurs faibles, comme la poudre de zinc en présence d'alcali, l'iode est simplement remplacé par un atome d'hydrogène, et la nicotyrine est régénérée. Mais si l'on emploie un agent de réduction un peu plus énergique, tel que l'étain et l'acide chlorhydrique, il y a en outre addition d'hydrogène. Le produit présente de grandes ressemblances avec la nicotine, mais il ne lui est point identique. L'analyse montre, en effet, qu'il renferme

deux atomes d'hydrogène de moins; c'est une *dihydronicotyrine*, $C_{10}H_{12}N_2$.

	Trouvé.	Calculé.
C	75,00 %	75,00 %
H	7,28	7,50
N	17,58	17,50

Dans la réduction de l'iodonicotyrine (XI) au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique, il y a donc addition de deux atomes d'hydrogène seulement. Les propriétés du produit montrent que cette addition a bien lieu dans le noyau pyrrolique; en effet, ce produit constitue une base diacide et bitertiaire, et il décolore instantanément à froid le permanganate en solution sulfurique. C'est donc une pyrroline (XII), et la réaction qui lui donne naissance doit très probablement être exprimée comme suit :



XI. XII.

La dihydronicotyrine est un liquide incolore, bouillant à 248°; elle possède une odeur qui rappelle celle de la nicotine; elle est miscible en toutes proportions à l'eau et à tous les dissolvants organiques. Sa réaction est fortement alcaline; elle forme des sels incolores et est sans action sur le bois de sapin.

Comme toutes les pyrrolines, la dihydronicotyrine est difficilement réductible. Nous avons fait des essais sans nombre pour la convertir en nicotine par hydrogénation directe, mais tous sont restés infructueux.

Nous n'avons pu atteindre notre but qu'en employant le moyen qui nous avait déjà servi, c'est-à-dire l'introduction préalable d'halogène dans la molécule. Seulement, l'iode ne réagissant plus sur la dihydronicotyrine, nous avons dû prendre cette fois le brome.

Lorsqu'on ajoute du brome à une solution acétique de dihydronicotyrine, il est absorbé sans qu'il y ait cependant dégagement d'acide bromhydrique; il se forme sans aucun doute le bromhydrate d'une bromodihydronicotyrine. Si l'on continue l'addition du brome jusqu'à ce que celui-ci ne réagisse plus, et que l'on verse ensuite la solution dans de l'eau froide, on obtient un précipité jaune, formé très évidemment par un *perbromure*. Sans nous arrêter à l'étude de ce corps, nous l'avons immédiatement soumis à un nouveau traitement par l'étain et l'acide chlorhydrique. En alcalinisant ensuite par la soude et en extrayant par l'éther (ou en distillant avec les vapeurs d'eau) nous avons isolé une base liquide, possédant la formule $C_{10}H_{14}N_2$.

	Trouvé.	Calculé.
C	74,19 %	74,08 %
H	8,61	8,64
N	17,24	17,28

Les caractères de cette base coïncident exactement avec ceux de la nicotine. L'odeur, la densité, le point d'ébullition, les points de fusion des sels sont les mêmes (voir plus bas), en sorte que l'on pourrait conclure à une identité absolue des deux corps si l'une des propriétés de la nicotine naturelle ne faisait complètement défaut à notre produit; nous voulons parler de l'activité optique. La nicotine du tabac est, en effet, comme presque tous les alcaloïdes végétaux, douée du pouvoir

rotatoire et dévie fortement à gauche le plan de polarisation. Notre tétrahydronicotyrine était au contraire, comme tous les produits directs de synthèse, optiquement inactive. Elle était formée, sans nul doute, d'un mélange par parties égales (ou d'une combinaison) de base gauche et de base droite ; il restait donc encore, pour terminer notre travail, à la *dédoubler*, c'est-à-dire à séparer l'une de l'autre les deux modifications et à identifier la modification lévogyre avec la nicotine du tabac. Il était à prévoir que ce dédoublement exigerait de nombreux essais ; ceux-ci ne pouvaient se faire avec la très faible quantité de substance que nous avions entre les mains. Il nous fallait donc à tout prix trouver un autre mode d'obtention de la nicotine inactive, qui nous permît de la préparer avec plus de facilité.

III. Préparation et dédoublement de la nicotine inactive

On sait qu'un certain nombre de substances optiquement actives ont pu être *racémisées*, c'est-à-dire transformées en leurs formes inactives, par l'action de la chaleur. C'est ce procédé que nous avons utilisé. Nous avons constaté que, si l'on porte à la température de 200°, dans une autoclave, des solutions aqueuses de sulfate de nicotine naturelle, leur pouvoir rotatoire diminue lentement, pour devenir, au bout de quarante heures environ de chauffe, égal à 0. Si l'on met alors la base en liberté, on constate qu'elle est elle-même inactive, tout en ayant conservé toutes les autres propriétés, ainsi que la composition, du corps primitif :

	Trouvé.	Calculé pour $C_{10}H_{14}N_2$.
C	74,21 %	74,08 %
H	8,66	8,64
N	17,40	17,28

Cette *nicotine inactive* possède exactement le même point d'ébullition, la même densité, le même indice de réfraction que la nicotine lévogyre naturelle. Nous avons préparé les sels les plus caractéristiques des deux bases et nous les avons comparés avec le plus grand soin sans pouvoir trouver entre eux la moindre différence. Nous en concluons que la nicotine inactive n'est point un *racémique*, c'est-à-dire une combinaison des nicotines droite et gauche, mais un simple mélange équimoléculaire des deux modifications. La formation d'un racémique cristallisé n'a même point lieu à basse température, car, en refroidissant deux échantillons, l'un de nicotine inactive, l'autre de nicotine naturelle jusqu'à — 79° dans un mélange d'acide carbonique solide et d'éther, nous avons observé qu'ils se comportent exactement de même ; les deux liquides deviennent visqueux, mais sans présenter la moindre tendance à la cristallisation.

Quant à l'identité de la nicotine inactive préparée comme il vient d'être dit avec celle de synthèse, elle ressort également de l'étude comparative que nous avons faite des deux substances, étude qui nous a conduits aux chiffres suivants :

	Nicotine inactive synthétique.	Nicotine de racémisation.
Point d'ébullition (non corr.)	242-243°	242°
Densité à 20°	1,0084	1,0082
Sel de platine	Prismes orangés, contenant 1 mol. d'eau de cristallisation, noircissant vers 250° et fondant à 280° en se décomposant.	Idem.
Point de fusion du picrate	218°	218°
Id. du diiodhydrate	195°	195°
Id. du diiodométhylate	219°	219-220°

L'identité de la nicotine inactive de synthèse et de la nicotine de racémisation étant ainsi établie, nous avons commencé avec cette dernière nos essais de dédoublement.

Parmi les différentes méthodes qui ont été employées jusqu'ici pour dédoubler une base inactive, nous nous sommes adressés à celle qui consiste à la combiner avec un acide actif et à séparer par cristallisation fractionnée les deux sels qui prennent naissance. Comme acide actif, nous avons choisi l'acide tartrique droit, après avoir constaté que divers autres acides (camphorique, quinique, bromocamphre-sulfonique, etc.) ne pouvaient être utilisés dans le cas particulier parce qu'ils ne forment avec la nicotine que des sels incristallisables.

Un essai préliminaire nous avait montré que, lorsqu'on mélange, en solution aqueuse très concentrée, la nicotine naturelle et l'acide tartrique droit, dans la proportion de 1 mol. de la première pour 2 mol. du second, il se dépose au bout de peu de temps un sel bien cristallisé en petits prismes aplatis et présentant la composition du bitartrate $C_{10}H_{14}N_2 . 2C_4H_6O_6 . 2H_2O$.

	Trouvé.	Calculé.
C	43,27 %	43,37 %
H	5,90	6,02
$C_{10}H_{14}N_2$	32,57	32,53

Ce sel est très soluble ; on peut cependant sans trop de pertes le faire recristalliser dans une petite quantité d'eau chaude. Il fond à 88-89° et possède à 27° un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = + 26.60°$ (on sait que les sels de nicotine sont dextrogyres, tandis que la base elle-même est lévogyre).

Ces points établis, nous avons procédé à la même

opération avec la nicotine inactive. Nous avons mélangé 35 gr. (1 mol.) de cette base avec 65 gr. (2 mol.) d'acide tartrique droit, dissous dans le moins d'eau possible. Au bout d'un jour il s'était déposé une certaine quantité de cristaux possédant l'apparence du tartrate ci-dessus. Ceux-ci furent filtrés à la trompe et recristallisés dans l'eau chaude jusqu'à ce que leur point de fusion fût monté à 88-89°. La détermination de leur pouvoir rotatoire spécifique donna le chiffre de + 27,16° à 15°. Nous en retirâmes alors la base par addition de soude caustique; nous obtînmes ainsi environ 5 cc. d'un liquide incolore, possédant les propriétés suivantes. Nous les mettons en regard de celles de la nicotine naturelle.

	Nicotine gauche de dédoublement.	Nicotine naturelle
Point d'ébullition (corr.)	246-246,5° sous 734,5 mm.	246,1-246,2° sous 730,5 mm.
Densité à 10°	1,0177	1,0180
Densité à 20°	1,0092	1,0097
$[\alpha]_D$ à 20°	— 160,93°	— 166,39°

La concordance entre les chiffres des deux colonnes de ce tableau est aussi bonne qu'on pouvait l'espérer, étant donnés le peu de substance dont nous disposions et le fait que la nicotine est un corps des plus hygroscopiques, qu'il n'est possible de débarrasser entièrement des dernières traces d'humidité (lesquelles tendent à abaisser la densité et le pouvoir rotatoire spécifique) que lorsqu'on opère sur de grandes quantités de substance à la fois.

Ces chiffres montrent donc que la nicotine gauche de dédoublement est en tous points identique à la nicotine du tabac ; la *synthèse complète* de cet alcaloïde se trouve

ainsi réalisée. Elle donne la preuve expérimentale de l'exactitude de la formule proposée il y a onze ans par M. Pinner.

Nicotine droite. — Pour retirer le second produit du dédoublement de la nicotine inactive, nous avons réuni les eaux-mères des différentes cristallisations du tartrate de nicotine gauche, et nous les avons évaporées à siccité. Il est resté une substance sirupeuse qui, après plusieurs semaines de repos, ne montrait encore aucune tendance à la cristallisation. Notre projet d'isoler la nicotine droite par cristallisation fractionnée des tartrates devenait ainsi irréalisable, et nous dûmes chercher un autre procédé de séparation. Nous en trouvâmes un excellent dans la méthode que M. Marckwald[1] a utilisée pour la première fois il y a quelques années dans un cas tout à fait semblable (préparation de l'α-pipécoline gauche), et qui repose sur l'emploi de l'acide tartrique *gauche*. Répétant exactement l'expérience de M. Marckwald, nous avons extrait des eaux-mères sirupeuses toute la base qu'elles contenaient. Celle-ci était légèrement dextrogyre. Nous en avons prélevé 18,5 gr., que nous avons mélangés à 34,3 gr. d'acide tartrique gauche. Il s'est formé un sel d'apparence identique à celle du tartrate droit de nicotine gauche, fondant comme lui à 88-89°, mais possédant un pouvoir rotatoire spécifique égal à — 25,58° pour une température de 15°. Décomposé par la soude, ce sel nous a fourni 3 cc. d'une base absolument semblable à la nicotine ordinaire et déviant le plan de la

[1] *Berichte* 29. 43.

lumière polarisée de la même quantité, mais en sens inverse. Cette *nicotine droite* présentait les constantes physiques suivantes, que nous comparons de nouveau à celles de la nicotine du tabac :

	Nicotine droite de dédoublement.	Nicotine gauche naturelle.
Point d'ébullition (corr.)	245,5-246,5° sous 729 mm.	246,1-246,2° sous 730,5 mm.
Densité à 10°	1,0171	1,0180
Densité à 20°	1,0094	1,0097
$[\alpha]_D$ à 20°	+ 163,17°	— 166,39°

Propriétés physiologiques des deux nicotines actives. — On n'a fait jusqu'ici qu'un petit nombre d'expériences comparatives au sujet de l'action qu'exercent sur l'organisme animal les diverses modifications optiques d'une même substance. M. Chabrié[1] a observé que l'acide tartrique gauche est à peu près deux fois plus toxique pour le cobaye que l'acide tartrique droit. M. Piutti[2] a remarqué une différence très notable de saveur entre l'asparagine gauche et l'asparagine droite. Un fait semblable a été constaté par MM. Menozzi et Appiani[3] pour les deux formes de l'acide glutamique. En revanche, M. Ladenburg[4] a annoncé que l'α-propylpipéridine inactive de synthèse et la conicine naturelle se comportent exactement de même en ce qui concerne leur action sur l'organisme du lapin et de la souris.

Devant ces résultats contradictoires, il devenait intéressant d'examiner les deux nicotines actives au point

[1] *Comptes rendus* **116**. 1410.
[2] *Gazzetta chimica italiana* **17**. 126. 182
[3] *Acc. dei Lincei* **1893** (2) 421.
[4] *Annalen der Chemie* **247**. 83.

de vue de leurs propriétés physiologiques. M. le professeur Dr A. Mayor a bien voulu, sur notre demande, se charger de cette étude. Nous ne saurions mieux faire que de transcrire ici le résumé fort intéressant qu'il nous a communiqué de ses premières expériences :

« Les effets que nous avons obtenus, soit chez le cobaye, soit chez le lapin, se sont montrés extrêmement différents suivant que nous employions la forme dextrogyre ou la forme lévogyre (que cette dernière fût la nicotine naturelle ou le produit artificiel).

Tout d'abord, nous avons reconnu que la toxicité brute, déterminée chez le cobaye par injection sous-cutanée de la solution aqueuse (laquelle renfermait 1 °/₀ de base, exactement neutralisée par l'acide chlorhydrique), est deux fois plus forte pour la nicotine gauche que pour la nicotine droite. Avec la première, chez des cobayes ne dépassant pas 300 gr., l'équivalent toxique est de 1 milligr. pour 100 gr. du poids de l'animal ; avec la forme dextrogyre, il faut atteindre 2 milligr. pour amener la mort.

Mais, en outre, le tableau auquel donne lieu l'intoxication diffère notablement suivant la modification que l'on a injectée :

Chez le cobaye, la nicotine gauche (naturelle ou artificielle) provoque, aussitôt après l'injection, de l'agitation et des cris qui dénotent une vive douleur. Tout au contraire, l'injection de nicotine droite semble indolore.

Puis, s'il s'agit de la forme lévogyre, on ne tarde pas à voir l'animal se parésier ; les membres postérieurs sont atteints les premiers, puis les antérieurs. La respiration s'accélère, devient profonde et pénible ; bientôt

de petites secousses parcourent le tronc et les membres, préludant à une violente crise convulsive.

Lorsque la dose employée est mortelle, l'état convulsif s'atténue ensuite, en même temps que la respiration devient irrégulière; bientôt elle ne se fait plus que sous forme de larges spasmes espacés, tandis que le cœur se ralentit et s'irrégularise. Puis la mort survient par arrêt de la respiration, le cœur continuant à battre encore quelques instants.

Bien différents sont les symptômes provoqués par l'injection de la nicotine droite. Tout d'abord, cette même dose de 1 milligr. pour 100 gr. d'animal peut fort bien ne donner lieu qu'à un peu de hérissement et à une légère trémulation; puis l'animal se remet entièrement. Il faut forcer la dose et atteindre 1,5 milligr. pour voir le tremblement s'accentuer et se présenter par accès qui donnent parfois l'impression d'un état subconvulsif. Mais l'animal se remet graduellement et, le lendemain, reste simplement un peu hérissé.

Opère-t-on sur le lapin et par voie intraveineuse (injections dans la veine auriculaire postérieure), les mêmes différences apparaissent. A la même dose (2,5 milligr. par kilogr.), où la nicotine gauche (naturelle ou artificielle) provoque brusquement une violente crise éclamptiforme, puis subtétaniforme, laquelle semble mettre l'animal à deux doigts de la mort, la nicotine droite ne donne lieu qu'à une légère trémulation intermittente, puis à un certain état de faiblesse qui ne persiste guère plus d'une heure ou deux.

Nous nous sommes demandé s'il s'agissait bien d'une dissemblance dans la *qualité* des symptômes observés, ou si, au contraire, l'on ne pouvait pas supposer que

c'est à l'*intensité* différente dans l'activité des deux substances qu'il fallait attribuer cette discordance entre les tableaux morbides que provoquent les deux isomères optiques. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons injecté à divers lapins des doses graduellement croissantes de nicotine droite. Lorsque nous en sommes venus à injecter d'un seul coup une quantité suffisante pour mettre en danger la vie du lapin (6,5 milligr. par kilogr.), nous n'avons guère fait qu'accentuer énormément la trémulation, qui a fini par donner l'impression d'un état subconvulsif, d'autant plus qu'elle s'est compliquée d'une agitation extrême, mais qui a été de courte durée.

En réduisant, d'autre part, la dose de nicotine gauche, en l'employant à raison de 1,5 milligr. par kilogr. d'animal, nous arrivons bien à abréger considérablement la crise convulsive, mais non à en modifier l'aspect. Elle se produit avec la même brusquerie, projetant l'animal sur le côté et lui donnant l'air d'être entraîné dans une sorte de galop furieux, entrecoupé de gambades, de violentes ruades, et aussi de cris.

En résumé, au point de vue de son action sur l'organisme animal (Rongeurs), la nicotine gauche diffère de la nicotine droite, non seulement par sa toxicité, qui est deux fois plus forte, mais aussi par le fait que les manifestations qu'elle provoque du côté du système nerveux central sont caractérisées par une crise convulsive, éclamptiforme, de toute violence, tandis que la modification dextrogyre n'amène qu'un état de trémulation, quelquefois assez accentué et comme subconvulsif, pouvant s'accompagner alors d'une agitation extrême.

Il restera à examiner si les manifestations cardiovasculaires, si importantes dans la symptomatologie de l'intoxication par la nicotine, diffèrent aussi selon que l'on s'adresse à l'une ou à l'autre des deux formes optiques. ».

Nous nous bornons à reproduire le résumé des très curieuses observations de M. le prof. Mayor, sans vouloir en aucune façon aborder ici la question de la cause des divergences qu'il a constatées. Il s'agit là sans nul doute de phénomènes du même ordre que ceux qui ont été étudiés par Pasteur et par M. Emile Fischer relativement à la manière dont les composés optiquement actifs se comportent vis-à-vis des ferments et des enzymes ; mais il est nécessaire d'accumuler les observations sur cette catégorie de faits avant de songer à en proposer une explication.

Genève, Laboratoire de chimie pharmaceutique de l'Université.

DÉRIVÉS CHLORONITRÉS ET NITRÉS

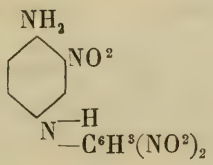
DE LA

4-OXY-2'4'-DINITRODIPHÉNYLAMINE

PAR

Frédéric REVERDIN et Ernest DELÉTRA

Désirant étudier quelques dérivés chloronitrés de l'oxydinitrodiphénylamine, nous avons en premier lieu, en nous basant sur les recherches antérieures de l'un de nous et de Crépieux[1], essayé de chlorer et d'oxyder simultanément la 3 nitro-4 amino-2'4' dinitrodiphénylamine



Cette base, qui est assurément celle dont il est question dans le brevet allemand 110360 du 4 mai 1899 des Farbwerke Höchst[2], s'obtient, par condensation du chlordinitrobenzène et de l'*o*-nitro-*p*-phénylènediamine. Elle cristallise dans l'acide acétique en petites aiguilles rouge-brun, F 226°.

En essayant de chlorer et d'oxyder cette base en

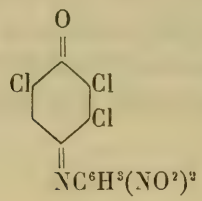
[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1903, t. XVI, p. 257.

[2] Friedländer. Fortschritte der Teerfarbenfabrikation, 5, p. 430.

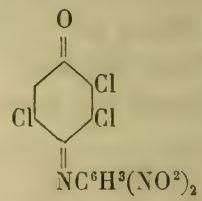
solution dans l'acide acétique à 90 °/₀, au moyen du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique, nous avons constaté qu'il se formait non pas le dérivé chloronitré que nous cherchions à obtenir, mais bien une trichloroquinone-dinitrophénylimide F 211°.

0,2152 Sbst. 22cc N (21°, 733mm).
0.1721 » 17,6cc N (20°, 732mm).
0.2840 » 0.3200 AgCl = 0.0791648 Cl.
$C^{12}H^4Cl^3O^5N^3$. Calculé N 11.16. Trouvé N 11.21 ; 11.26.
Cl 28.29. Cl 27.88.

Ce composé a été identifié avec la trichloroquinone-imide correspondant à l'une des formules de constitution :



ou



que nous avons décrite dans le mémoire cité plus haut. Elle a été pour cette identification transformée en *dérivé hydroxylé* F 211° et celui-ci en *dérivé acétylé* F 153°.

Il est très probable qu'il se forme en outre dans la chloruration un dérivé tetrachloré, car le produit brut, scindé par ébullition avec l'acide sulfurique étendu, nous a fourni un mélange de tetrachloro et de trichloroquinone.

La chloruration et l'oxydation simultanées de la 3 nitro-4 amino-2'4' dinitrodiphénylamine a donc donné lieu à l'élimination du groupe nitro.

Cette observation nous a engagés à essayer d'obte-

nir les dérivés chloronitrés que nous avions en vue par nitration des chlor-acétoxydinitrodiphénylamines.

En introduisant peu à peu une partie de 3 chlor-4 acétoxy-2'4' dinitrodiphénylamine[1] F 156°, dans deux parties d'acide nitrique fumant à 46.°8 B^e^ et opérant entre 5 et 10°, nous avons obtenu un *dérivé mononitré* qui, après plusieurs cristallisations dans l'acétone étendue et l'acide acétique, fond à 177°.5-178°,

0.1443 Sbst. 18^cc^ N (15°, 732^mm^).
$C^{14}H^9O^8N^4Cl$. Calculé N 14.12. Trouvé N 14.06.

Cette *nitro-3 chlor-4 acétoxy-2'4' dinitrodiphénylamine* $C^6H^2NO^2Cl.OC^2H^3O.NHC^6H^3(NO^2)_2$ cristallise dans le mélange de benzène et de ligroïne ou dans l'acide acétique en beaux prismes jaune orange et dans l'acétone étendue en aiguilles; elle est insoluble dans la ligroïne, peu soluble dans l'alcool et l'éther, soluble à froid et à chaud dans l'acide acétique et le benzène, très soluble dans l'acétone et dans le chloroforme. Par une ébullition prolongée avec le carbonate de soude, le groupe acétylé est saponifié et l'on obtient un sel sodique noir qui, décomposé par l'acide chlorhydrique, est en poudre jaune rouge F vers 252°. Par acétylation, ce composé régénère le dérivé décrit ci-dessus F 177.5-178°. Le groupe nitro est très probablement entré en position 6 (ou peut-être en 2) dans le noyau renfermant le chlore.

La preuve qu'il est entré dans ce noyau nous est fournie par le fait que le produit de condensation du chlorure de picryle avec le chloraminophénol C^6H^3OH.

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1903, t. XVI, p. 266.

$Cl.NH^2$ 1. 2. 4. est doué de propriétés différentes. La *3 chlor-4 oxy-2'-4'-6' trinitrodiphénylamine* C^6H^3 $OHClNHC^6H^2(NO^2)_3$ que M. A. Dresel a bien voulu pré-
4. 3 2'4'6'
parer et étudier à notre instigation, est en cristaux prismatiques rouge foncé F 185°.5.

0.2134 Sbst. 30.6^{cc} N (14°, 717^{mm}).
$C^{12}H^7O^7ClN^4$. Calculé N 15.79. Trouvé N 15.90.

Son *dérivé acétylé* est en cristaux prismatiques orange F 173°.

Grâce à l'obligeance de la fabrique de produits chimiques ci-devant Sandoz, nous avons eu entre les mains un échantillon du chlor-nitroaminophénol C^6H^2 $OHClNH^2NO^2$ 1. 2. 4. 6 dont il est question dans la demande de brevet allemand de cette maison, C 11458 du 10 février 1903. Ce produit, condensé également par M. Dresel avec le chlordinitrobenzène, lui a fourni l'*oxychlornitrodinitrodiphénylamine* $C^6H^2OHClNO^2NH$
4 3 5
$C^6H^3(NO^2)_2$ qui cristallise en aiguilles jaune d'or, feu-
2'4'
trées, fusibles à 232°.

0.1943 Sbst. 27^{cc}4 N (18°, 735^{mm}).
$C^{12}H^7O^7ClN^4$. Calculé N 15.79. Trouvé N 15.74.

Son *dérivé acétylé* cristallise dans l'acide acétique cristallisable en prismes jaune brun, F 188°.5.

Si la constitution de ce chlornitroaminophénol est bien exacte, comme on a tout lieu de le croire d'après son mode de formation et ses propriétés, il en résulterait, puisqu'il fournit avec le chlordinitrobenzène un

produit de condensation différent du produit de la nitration de la 3 chlor-4 oxy-dinitrodiphénylamine, que ce dernier doit avoir la constitution indiquée plus haut.

La 2 chlor- 4 acétoxy-2'4' dinitrodiphénylamine[1] F 170°, nitrée dans les mêmes conditions que la précédente, fournit aussi un dérivé mononitré qui, après cristallisation dans l'acétone étendue et après avoir été séché au bain-marie, fond à 134°.5.

0.1440 Sbst. 18.5^{cc} N (19°, 735^{mm}).
$C^{14}H^{9}O^{8}N^{4}Cl$. Calculé N 14.12. Trouvé N 14.27

Cette *nitro-2 chlor-4 acétoxy-2'4' dinitrodiphénylamine* $C^{6}H^{2}\underset{2}{Cl}.\underset{4}{OC^{2}H^{3}O}.NO^{2}NHC^{6}H^{3}\underset{2'4'}{(NO^{2})_{2}}$ se dépose dans l'acétone pure en beaux cristaux prismatiques jaune citron, renfermant probablement de l'acétone de cristallisation qu'ils perdent à la température du bain-marie. Elle cristallise aussi dans l'acide acétique étendu, l'acétone étendue, le mélange de benzène et de ligroïne. Sa solubilité dans les divers dissolvants est la même que celle du dérivé précédent.

Par saponification au moyen du carbonate de soude, on obtient un sel de soude gélatineux qui, décomposé par l'acide chlorhydrique, fournit le *dérivé hydroxylé* correspondant. Ce produit cristallise dans l'acide acétique, l'alcool ou l'acétone étendus en jolies aiguilles prismatiques, jaune citron, F 232°.5 et régénère par acétylation le dérivé ci-dessus, F 134°.5.

La 3-5 dichlor-4 acétoxy-2'4' dinitrodiphénylamine[2]

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1903, t. XVI, 267.
[2] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1903, t. XVI, 261.

nitrée avec les mêmes proportions d'acide nitrique de même densité que ci-dessus, mais en laissant monter la température entre 20 et 30°, donne aussi un *dérivé mononitré* qui cristallise dans l'acétone pure et dans l'acide acétique, F 177°.5.

0.1373 Sbst. 16.2^{cc} N (17°, 725^{mm}).
$C^{14}H^8O^8N^4Cl^2$. Calculé N 12.99. Trouvé N 13.05.

Cette *mononitro-3-5 dichlor-4 acétoxy-2'4' dinitrodiphénylamine* $C^6HNO^2Cl^2.OC^2H^3O.NHC^6H^3(NO^2)^2$ cristallise en prismes jaune citron, présentant les mêmes solubilités que les dérivés précédents.

Ce composé fournit par saponification au moyen du carbonate de soude le sel de soude du dérivé hydroxylé correspondant, sous la forme de paillettes rouge brillant. Le *dérivé hydroxylé* lui-même est en petits cristaux prismatiques, jaune orange, F 235°. Il est soluble dans l'acide acétique, l'acétone, peu soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme et le benzène, insoluble dans la ligroïne. Il régénère par acétylation le dérivé acétylé, F 177°.5.

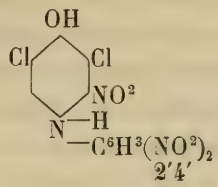
M. Dresel, en condensant à notre instigation le chlorure de picryle avec le dichloraminophénol $C^6H^2OH.Cl.Cl.NH^2$ 1. 2. 4. 6. a obtenu la *3-5 dichlor-4-oxy-2'4'6' trinitrodiphénylamine* $C^6H^2Cl^2OH.NHC^6H^2(NO^2)_3$, en cristaux prismatiques, brillants, brun-jaune, F 225°.

0.2094 Sbst. 26^{cc}.8 N (14°, 733^{mm}).
$C^{12}H^6O^7Cl^2N^4$. Calculé N 14.39. Trouvé N 14.51.

Son *dérivé acétylé* est en feuillets jaune-verdâtre, F 259°.

Ces caractères étant différents de ceux du dérivé

nitré de la dichloroxydinitrodiphénylamine, il en résulte que ce dernier doit correspondre à la formule



Par la même occasion nous avons encore soumis à la nitration la 4 acétoxy-2'4' dinitrodiphénylamine dans le but de la saponifier ensuite. Il n'a été en effet préparé jusqu'ici, à notre connaissance, qu'un seul dérivé nitré de la 4 oxy-2'4' dinitrodiphénylamine, c'est le dérivé mononitré la 3-nitro-4 oxy-2'4' dinitrodiphénylamine dont il est question dans le brevet allemand 107971 du 17 mars 1899 de Kalle et C°[1]. Il a été préparé par condensation du chlordinitrobenzène avec l'aminonitrophénol $C^6H^4.OH.NO^2.NH^2$ 1. 2, 4.

Lorsqu'on nitre l'acétoxydinitrodiphénylamine dans les mêmes conditions que le dérivé dichloré précédent, il se forme un *dérivé dinitré* qui, après cristallisation dans l'acétone pure, fond à 161°.

0.1395 Sbst. 21.2^{cc} N (13°, 726^{mm}).
$C^{14}H^9O^{10}N^5$. Calculé N 17.20. Trouvé N 17.15.

Cette *dinitro-4 acétoxy-2'4' dinitrodiphénylamine* $C^6H^2(NO^2)_2.\underset{4}{OC^2H^3O}.NH\underset{2'4'}{C^6H^3(NO^2)_2}$ cristallise dans l'acétone pure en gros prismes jaune brun et dans l'acétone étendue en belles aiguilles jaunes, qui commen-

[1] Friedländer. Fortschritte der Theerfarbenfabrikation, 5, p. 428.

cent à brunir et à se contracter vers 155° pour fondre à 161°.

Elle est soluble dans l'acide acétique, l'acétone, le chloroforme et le benzène, peu soluble dans l'alcool, très peu dans l'éther, insoluble dans la ligroïne. Elle donne par saponification au moyen du carbonate de soude un sel de soude se déposant en général sous une forme gélatineuse, et qui, décomposé par l'acide chlorhydrique, fournit la *dinitro-4 oxy-2'4'dinitrodiphénylamine* $C^6H^2(NO^2)_2\underset{4}{O}HNH.C^6H^3\underset{2'4'}{(NO^2)_2}$; cette dernière cristallise dans l'acétone étendue ou dans l'alcool en petites aiguilles jaune citron, F 225°.5. Son sel ammoniacal cristallise dans l'alcool étendu d'eau en belles aiguilles jaune orange. Le dérivé hydroxylé est très soluble déjà à froid dans l'acide acétique, insoluble dans la ligroïne, peu soluble dans le benzène, plus soluble dans l'alcool, l'éther et le chloroforme, très soluble dans l'acétone.

0.1212 Sbst. 20.6^{cc} N (15°, 736^{mm}).
$C^{12}H^7O^9N^5$. Calculé N 19.18. Trouvé N 19.26.

Ce composé régénère par acétylation le dérivé acétylé décrit ci-dessus, fusible à 161°.

Nous avons obtenu le même dérivé dinitré en nitrant soit l'éther *p*-toluène-sulfonique de l'oxydinitrodiphénylamine soit son éther dinitrophénylique déjà connu, puis saponifiant le produit de la réaction. L'*éther p-toluène-sulfonique de l'oxy-dinitrodiphénylamine* $C^6H^4(OSO^2CH^3C^6H^4)NHC^6H^3(NO^2)_2$ s'obtient en faisant bouillir pendant environ trois quarts d'heure, une solution d'oxydinitrodiphénylamine dans la lessive de soude

étendue, avec du *p*-sulfochlorure de toluène. L'éther *p*-toluène-sulfonique qui se forme est filtré, puis lavé à chaud avec de la lessive de soude pour éliminer l'oxydinitrodiphénylamine non transformée.

Il est à l'état brut en poudre jaune verdâtre et cristallise dans l'acide acétique en paillettes de même couleur et dans l'acétone étendue d'eau en aiguilles prismatiques jaune-brun, F 178°.5. Il est facilement soluble dans l'acétone, l'acide acétique et le benzène, assez soluble dans l'alcool, peu soluble dans la ligroïne, insoluble dans l'eau.

0.1416 Sbst. 12.9^{cc} N(16°, 724^{mm}).
$C^{19}H^{15}O^{7}N^{3}S$. Calculé N 9.79. Trouvé N 10.11.

Ce produit, introduit peu à peu dans une partie d'acide nitrique de 46°.8 B^{e} en laissant monter la température jusqu'à 60-70° et en remuant continuellement puis chauffant au bain-marie un quart d'heure environ jusqu'à 75°, fournit un *dérivé dinitré* correspondant au dérivé dinitré de l'acétoxydinitrodiphénylamine. Ce composé est en effet facilement saponifié lorsqu'on le chauffe avec de la lessive de soude et donne la dinitro-oxy-dinitrodiphénylamine F 225°,5 décrite ci-dessus.

L'*éther p-toluène-sulfonique de l'oxydinitrodiphénylamine dinitrée* en question $C^{6}H^{2}(OSO^{2}CH^{3}C^{6}H^{4})(NO^{2})_{2}NHC^{6}H^{3}(NO^{2})_{2}$ cristallise en fines aiguilles jaune citron F 189°.5. Il est insoluble dans la ligroïne, peu soluble dans les dissolvants organiques, sauf dans l'acide acétique et dans l'acétone; il a été cristallisé dans ces deux dissolvants étendus d'eau.

Quant au *dérivé dinitré* de l'*éther dinitrophénylique de l'oxydinitrodiphénylamine*

$$C^{6}H^{2}[OC^{6}H^{3}(NO^{2})_{2}](NO^{2})_{2}NHC^{6}H^{3}(NO^{2})_{2}$$

on l'obtient d'une manière analogue et il fournit aussi par saponification au moyen de la lessive de soude le dérivé hydroxylé décrit, fusible à 225°.5.

Le dérivé dinitré de l'éther cristallise en feuillets jaune brun, F 233° ; il est peu soluble dans les dissolvants ordinaires, sauf dans l'acétone ; il est insoluble dans l'éther et dans la ligroïne.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 13 novembre 1903.

H. Schardt. La géologie de la Combe des Quignets. — L. Isely. Les origines de la théorie des fractions continues. — A. Perrochet. Une nouvelle station de la *Pleurogyne Carinthiaca.*

M. H. Schardt, professeur, décrit en détail la structure remarquable de la Combe des Quignets (Cugnets sur la carte fédérale) près de la Sagne (Neuchâtel), où il a eu la chance de découvrir un important affleurement de terrain liasique et la preuve que la présence de ce terrain est due à un pli faille avec un rejet considérable. La Combe des Quignets est un superbe exemple de *travestissement* géologique et topographique. Elle est en effet le prolongement direct de la combe argovienne des Convers et nul ne se douterait, en ne jugeant que d'après la topographie, qu'au terrain argovien qui existe encore bien visiblement au Mont Dart se substitue subitement le Lias supérieur.

Un examen détaillé du coteau boisé qui forme le noyau de la voûte éventrée de Tête de Rang, montre que dès le Mont Dard, où la voûte de la Grande Oolite est encore fermée, les couches du Bathonien s'entrouvrent successivement dans la direction du SE et laissent percer le Bajocien et plus bas, dans le fond de la combe des Quignets, le Lias supérieur, sur une longueur de 500 mètres au moins : c'est une marne schisteuse micacée noire.

L'âge de ce terrain est attesté par une dizaine d'espèces

fossiles. Il est probable même que le Lias inférieur a aussi été amené au jour, sans qu'aucun affleurement en ait pu être reconnu jusqu'ici. Dans les débris couvrant la surface, il y a des fragments d'un calcaire grenu foncé avec *Gryphées*, qui ne se distingue pas du calcaire sinémurien.

La localité des Quignets est encore remarquable parce qu'on peut y suivre la série complète des terrains, dès le Lias à la Dalle nacrée (Callovien), ce qui permet une délimitation très exacte des niveaux du Dogger. Il en ressort surtout deux faits importants : 1. La présence d'un calcaire marneux siliceux avec fucoïdes et Zoophycos, entre le Lias et le Bajocien, atteste que cette assise, qui se retrouve dans l'anticlinal des Aiguilles de Baulmes-Suchet, appartient là aussi à ce même niveau et non au Bajocien supérieur, comme le pensait M. Rittener. 2. L'analogie d'une faune à *Brachiopodes* et *Parkinsonia*, avec *Ostrea acuminata*, au-dessous de la Grande Oolite supérieure, avec celle du calcaire roux du Furcil près Noiraigue, prouve que la Grande Oolite du Furcil correspond à l'Oolite subcompacte (Grande Oolite inférieure) et que la marne du Furcil représente un faciès marneux de tout le Bathonien, dès la Cornbrash à la grande Oolite supérieure y comprise. L'assimilation des marnes du Furcil au Callovien, par M. Rollier est donc absolument illogique et contraire aux faits.

M. L. Isely, professeur, présente un travail sur *les origines de la théorie des fractions continues.*

Les exemples ne sont pas rares dans les annales des mathématiques de découvertes attribuées des années. voire des siècles durant, à ceux qui n'en étaient pas réellement les auteurs. Ainsi en a-t-il été des fractions continues. Dans la presque totalité des traités actuels sur cette matière, on affirme couramment que cette élégante théorie est due à lord Brouncker, chancelier d'Angleterre sous Charles II, qui s'en servit, en 1665, pour donner à la constante π une forme plus pratique. Tel n'est pourtant point le cas. On en trouve les germes dans deux ouvrages publiés au commencement du XVIIme siècle par Cataldi,

en Italie, et par Schwenter, en Allemagne. On en rencontre même des traces dans les œuvres de certains arithmologues de l'antiquité grecque et indienne : Euclide, Archimède, Héron d'Alexandrie, Théon de Smyrne, Apastamba, Baudhâyana, Kâtyâyana, les trois principaux auteurs, malheureusement trop peu connus, des Çulvasûtras hindous.

C'est en cherchant un procédé expéditif d'extraire la racine carrée d'un nombre, que Cataldi parvint à développer celle de 18 en une fraction continue périodique dans son *Trattato del modo brevissimo di trovare la radice quadra delli numeri*, imprimé en 1613. Les notations qu'il y emploie sont, à peu de chose près, celles dont nous faisons encore usage de nos jours, en ligne oblique ou horizontale. Il fait voir, en outre, mais sans démonstration, que deux valeurs consécutives d'une pareille suite comprennent entre elles la racine cherchée. C'est, comme on le sait, une des propriétés essentielles des réduites.

Quelques années plus tard, en 1617, selon les uns, en 1625, selon les autres, Schwenter, dans sa *Geometria practica nova et aucta*, indiqua un moyen d'exprimer en nombres plus petits les termes de certains rapports. A cet effet, il considère les deux nombres premiers 177 et 233, et cherche à remplacer leur quotient par des fractions plus simples. Par un procédé qui rappelle étonnamment notre loi de formation des réduites, il obtient les résultats suivants : $\frac{0}{1}$, $\frac{1}{1}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{19}{25}$ et $\frac{79}{104}$. Schwenter mourut en 1636. Cette année même, ses enfants publièrent un recueil de problèmes, sous le titre de *Deliciæ physico-mathematicæ oder Mathematische und philosophische Erquickstunden*, qui est, en langue allemande, le pendant de l'ouvrage classique de Bachet de Méziriac : *Problèmes plaisants et délectables qui se font par les nombres*, dont la première édition parut en 1612. La 87me question de la première partie des *Erquickstunden* s'occupe du même rapport $\frac{177}{233}$, mais Schwenter la fait suivre de cette remarque importante : « Zum exempel, $\frac{79}{104}$ seynd näher bey $\frac{177}{233}$ als $\frac{19}{25}$, und

$\frac{19}{25}$ als $\frac{3}{4}$, und so fortan. » Cette propriété a valu aux réduites leur nom de fractions convergentes.

(Voir Moritz Cantor. Vorlesungen über Geschichte der Mathematik.)

M. A. Perrochet, professeur, présente deux exemplaires typiques de la *Pleurogyne carinthiaca* qu'il a cueillis cette année entre Almagell et Saas-Grund, environ 3 km. en aval de la station bien connue de cette rare gentianée. Dans cette nouvelle station, qui est sans doute une colonie de l'ancienne, les exemplaires étaient relativement nombreux et présentaient de remarquables différences de taille.

Séance du 27 novembre.

O. Billeter. Sur un phénomène d'autoxydation. — H. Spinner. Sur des fruits anormaux de Cheiranthus. — H. Rivier. Sur la réversibilité de la transformation des pseudodithiobiurets pentasubstitués en dithiobiurets normaux.

M. O. Billeter, prof. *Sur un phénomène d'autoxydation.* Parmi les produits de décomposition du diméthyldiéthylphényldithiobiuret, $CS.N(CH_3)_2.NC_6H_5.CS.NC_2H_5.C_6H_5$, par l'acide chlorhydrique en solution dans le chloroforme, M. Al. Maret [voir *Archives* (1901), XI, 610] avait isolé un liquide émettant à l'air d'épaisses fumées en répandant une odeur rappelant le phosphore. En continuant l'examen de ce corps avec M. H. Berthoud, nous avons constaté qu'il se compose de diméthylxanthogénamide $SC.OC_2H_5.N(CH_3)_2$ formée par l'action de l'alcool contenu dans le chloroforme du commerce sur du chlorure diméthylthiocarbamique, produit primaire de l'action de l'acide chlorhydrique sur le dithiobiuret. Les fumées sont le résultat d'une autoxydation qui, très lente à l'air seul, s'opère rapidement en présence de la soude et s'accomplit essentiellement d'après l'équation (schématique) :

$$2\ SC.OC_2H_5.N(CH_3)_2 + 2\ O_2 + Na_2O \rightarrow 2\ OC.OC_2H_5.N(CH_3)_2 + S_2O_3Na_2.$$

On peut admettre deux phases :

1. Addition d'une molécule d'oxygène avec formation d'un peroxyde $(CH_3)_2N.C_2H_5O.C:SO_2$.

2. Dédoublement en uréthane et SO. Le monoxyde de soufre, instable, s'unit en partie à l'alcali sous forme de thiosulfate, le reste s'oxyde en fournissant du sulfite et du sulfate.

Les homologues aliphatiques de la diméthylxanthogénamide se comportent de même, tandis qu'un phénomène analogue d'autoxydation n'a été observé chez aucun des nombreux autres dérivés de l'acide thiocarbonique soumis par nous aux mêmes conditions.

M. H. Spinner, prof. *Sur des fruits anormaux de Cheiranthus.*

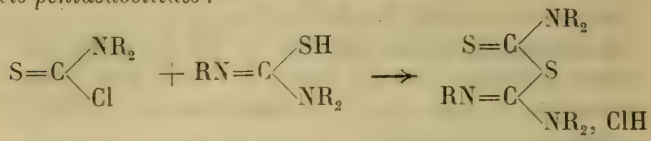
Ayant observé des fruits anormaux d'un Cheiranthus de jardin sur des coupes transversales, j'ai été conduit aux remarques suivantes :

Les deux feuilles carpellaires dont se compose ce fruit peuvent se développer très inégalement. L'une d'elles peut même complètement envelopper l'autre. La fausse cloison interne prend, dans la plupart de ces cas tératologiques, un développement extraordinaire, remplissant presque complètement le fruit, faisant avorter les ovules. Le pistil monstrueux s'accroît alors en largeur aux dépens des autres parties de la fleur. Les pétales disparaissent d'abord, puis les sépales et les étamines. Celles qui subsistent le plus longtemps sont les deux courtes opposées aux sépales extérieurs.

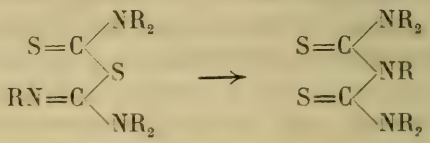
Ces monstruosités, dues sans doute à des actions bactériennes, existaient à côté d'exemplaires absolument normaux sur le même plant.

M. H. Rivier, prof., présente un travail *sur la réversibilité de la transformation des pseudodithiobiurets pentasubstitués en dithiobiurets normaux.* On sait que les chlorures thiocarbamiques bisubstitués s'additionnent à froid aux thiurées tertiaires pour produire les chlorhydrates de bases

auxquelles M. Billeter a donné le nom de *pseudodithiobiurets pentasubstitués :*



Mises en liberté, ces bases se transforment par la chaleur dans leurs isomères, les *dithiobiurets pentasubstitués* normaux[1].



Il a été constaté plus tard que plusieurs de ces dithiobiurets normaux, traités en solution par un courant d'acide chlorhydrique, subissent la transformation inverse et reproduisent les chlorhydrates de ou des pseudodithiobiurets correspondants[2]. M. Maret[3] a étudié l'action de l'acide chlorhydrique sur différents dithiobiurets de constitution normale et a remarqué que si dans un de ces corps l'atome d'azote lié aux deux atomes de carbone porte le radical C_6H_5, cette transformation dans le ou les isomères pseudo est quantitative, tandis que s'il porte le radical C_2H_5 il n'y a pas transformation mais décomposition de la molécule.

Il est à prévoir que le premier cas se produira toutes les fois que dans un de ces dithiobiurets l'atome d'azote en question porte un radical arylique, tandis que lorsqu'il porte un groupe alcoylique cette transformation n'aura pas lieu et sera remplacée par une décomposition. Pour examiner cette question, M. Rivier a étudié l'action de l'acide

[1] *Ber. d. d. ch. Ges.*, XXVI, 1684. *Bull. de la Soc. des Sc. nat. de Neuchâtel*, XXI, 153; XXII, 209.

[2] *Bull. de la Soc. neuch. des Sc. nat.*, XXVII, 174. *Arch. Sc. phys. et nat.* (1899), VIII, 421.

[3] *Bull. Soc. neuch. Sc. nat.*, XXIX, 75. *Arch. sc. phys. et nat.* (1901), XI, 610.

chlorhydrique sur quelques dithiobiurets possédant, liés à cet atome d'azote, l'un des radicaux benzyle, α-naphtyle et β-naphtyle. A cette occasion quelques nouvelles thiurées tertiaires ont été préparées, ainsi que plusieurs pseudodithiobiurets et dithiobiurets pentasubstitués. Pour la description de ces corps nous renvoyons au travail original.

Les résultats de cette étude confirment la manière de voir exposée plus haut et peuvent être résumés comme suit :

Les dithiobiurets pentasubstitués dans lesquels l'atome d'azote lié aux deux atomes de carbone porte le radical benzyle, ne sont pas transformés par l'acide chlorhydrique en pseudodithiobiurets, mais sont décomposés. Ils se comportent donc comme ceux qui contiennent à cette place le radical éthyle. Il est très probable que ce fait se produira toutes les fois que ce radical est de nature alcoylique. Dans ce cas la transformation d'un pseudodithiobiuret en biuret normal *n'est pas réversible.*

Au contraire les dithiobiurets pentasubstitués dans lesquels l'atome d'azote lié aux deux atomes de carbone porte le radical naphtyle sont transformés quantitativement par l'acide chlorhydrique dans leurs isomères les pseudodithiobiurets. Ils se comportent donc comme ceux qui contiennent à cette place le radical phényle. Il est très probable que ce fait se produira toutes les fois que ce radical est de nature arylique. Dans ce cas la transformation d'un pseudodithiobiuret en biuret normal *est réversible.*

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 2 décembre 1903.

D. Cruchet. Champignons parasites de l'edelweiss. — Dr P. Mercanton. Lampe à arc électrique triphasé. — H. Blanc. Etudes sur le plankton. Echantillons de collections.

M. Denis CRUCHET, pasteur, décrit les cryptogames parasites qu'il a rencontrés sur l'edelweiss.

Champignons trouvés sur de vieilles touffes d'edelweiss *(Leontopodium alpinum)* récoltées sur les pentes du Bettlihorn, dans la vallée de Binn, en Valais, le 29 juillet 1903.

Ascomycètes Pyrenomycètes

Leptosphæria Leontopodii nov. nom., sur tiges sèches.

Pyrenophora chrysospora Sacc., sur tiges sèches.

Pyrenophora helvetica Sacc. Var. Leontopodii, sur tiges, feuilles et folioles sèches de l'involucre.

Fungi imperfecti.

Stagonospora Leontopodii nov. nom. var. *brachyspora* et var. *megalospora*, sur tiges sèches.

Heteropatella lacera Fuckel, Forma *umbilicata* (Perr.), Sacc., sur tiges sèches.

M. le Dr Paul MERCANTON présente une *lampe à arc électrique triphasé.*

M. Henri BLANC, professeur, se basant sur les résultats déjà acquis de 116 récoltes de plancton faites en 1902 et

1903 dans le Léman, devant Ouchy, par 150 mètres de fond, critique le procédé de la pêche faite uniquement avec un filet à mailles très fines, comme il est employé encore aujourd'hui pour l'étude quantitative et qualitative du plancton lacustre. Déjà en 1899, il avait constaté maintes fois, pêchant avec deux filets ayant l'un 3600, l'autre 900 mailles au cm^2, que le second filet contenait toujours plus de plancton que le premier; dès lors ce fait a été confirmé par plusieurs planctologues, entre autres par Waldvogel, Lozeron et Heuscher. Ayant entrepris depuis le mois d'août 1902 une étude comparative des planctons diurne et nocturne, l'auteur a aisément pu se convaincre, pêchant toujours et simultanément avec deux filets, modèle Apstein modifié par Fuhrmann, ayant tous deux les mêmes dimensions et la même ouverture, mais confectionnés avec deux soies à mailles différentes ($0{,}07^{mm}$ et $0{,}13^{mm}$), que la quantité et la qualité du plancton recueilli en pratiquant des pêches verticales et horizontales différaient beaucoup d'un filet à l'autre. Le 20 août 1903, deux filets ainsi construits, attachés à la même corde, descendus tous les deux à 80 m. de profondeur, ont donné comme produits dosés de la même façon : le filet fin 0,5 cm^3, le filet grossier 10 cm^3. Le dosage de deux récoltes faites le même jour à 9 h. ½ du soir, avec ces deux filets promenés ensemble à la surface pendant un quart d'heure, a donné pour le filet fin 3 cm^3, pour le filet grossier 125 cm^3. Le 24 novembre dernier, les produits dosés d'une pêche verticale diurne, ont été pour le filet fin 5 cm^3, pour le filet grossier 7 cm^3, et pour la pêche horizontale faite le même jour à 8 heures du soir, le premier filet a donné 3 cm^3, le second 40 cm^3 de plancton. Si le filet à mailles très fines récolte surtout des microorganismes tels que Flagelles, Rotateurs, des Copépodes, mais peu de Cladocères, ces gros Crustacés se trouvent par contre en abondance dans le filet à mailles plus larges. Le remous qui se produit dans le filet fin à travers les mailles duquel l'eau entre difficilement, permet sans doute aux habiles nageurs tels que Leptodora, Bythotrephes, Sida, d'échapper

à l'engin capteur, d'en ressortir même s'ils ont été pris. Les chiffres ci-dessus, ainsi que d'autres qui seront cités ailleurs, prouvent que les nombreux tableaux et graphiques exprimant les produits dosés de pêches faites seulement avec un filet de soie à mailles très serrées n'ont qu'une valeur très relative, car ils ne nous renseignent que très imparfaitement soit sur la richesse en plancton aux divers moments de l'année, soit sur la qualité de celui-ci. Pour étudier comme il convient le plancton d'un lac, le doser et l'analyser quantitativement, il est nécessaire d'employer à la fois deux filets qui peuvent avoir les mêmes dimensions et ouvertures, mais qui doivent être faits avec deux soies à mailles différentes (numéros 18 et 9 de la fabrique Pestalozzi à Zurich). Ce mode de procéder permet en outre d'obtenir dans l'eau, sans autres manipulations, la séparation naturelle des microorganismes, des gros crustacés du plancton.

Quant au procédé de récolte avec la pompe, que l'auteur a aussi utilisé, il est à recommander surtout pour contrôler les pêches faites avec les filets parce qu'il a ce grand avantage de fournir du plancton contenu dans un volume d'eau connu provenant d'une profondeur bien déterminée, mais il ne saurait être employé seul, attendu qu'il faut parfois pomper une trop grande quantité d'eau pour obtenir le plancton suffisant pour des recherches biologiques; du reste les Crustacés bon nageurs doivent aussi fuir l'entonnoir de prise descendu dans l'eau, car on en prend peu avec cet engin.

L'auteur se réserve de revenir plus tard sur cette nouvelle série de pêches nocturnes et diurnes quand il en aura terminé l'étude qualitative et partant biologique qui promet des faits intéressants.

M. le prof. Blanc présente encore divers objets destinés à prendre place dans la collection créée pour l'enseignement de la zoologie et de l'anatomie comparée qui sera installée dans l'édifice de Rumine. Ce sont : 1° Des Poissons conservés, non plus à la formaline qui les fait beau-

coup gonfler, mais dans un mélange d'alcool et de formaline. 2° Des pontes d'Amphibiens conservées dans la formaline qui ne trouble pas, comme l'alcool, la gélatine des œufs; les Méduses sont, à cause de cette propriété, conservées maintenant dans ce liquide. 3° Des préparations représentant l'anatomie complète de certains animaux, dits de laboratoire, c'est-à-dire qui y sont disséqués par les étudiants, tels que le Lézard, la Grenouille, l'Escargot, l'Ecrevisse. 4° Un nouveau modèle en cire, exécuté par M. Murisier, assistant, d'un article très grossi de Bothriocéphale préparé de façon à ce que l'on puisse voir l'appareil hermaphrodite compliqué en place et au complet; ce modèle a le double mérite d'être inédit et très instructif.

Séance du 13 janvier 1904.

G. Martinet. Sélection du trèfle. — Influence du sujet sur la greffe. — S. Biéler. Ours peu connu de nos Alpes. — F.-A. Forel. Les oscillations de Watson.

M. Martinet communique les résultats qu'il a obtenus à l'établissement fédéral d'essais de semences, à Mont-Calme sur Lausanne, avec ses travaux sur la *sélection du trèfle cultivé*. En 1902, il avait récolté, sur deux plantes de choix d'un trèfle du pays, fécondées au pinceau par leur propre pollen, sur l'une 200 grains à coloration jaune, sur l'autre 120 grains de nuance violette. Ces grains ont été semés et les plantes en provenant ont été placées, pour chacune des deux sélections, à distance régulière de 50 cm en tous sens. Peu avant la floraison de la seconde coupe, deux abris de toile grossière ont empêché l'accès des insectes, et des nids de bourdons ont été introduits à diverses reprises dans chacune des cages.

L'égrenage des plantes sous cage a montré que la fécondation avait pleinement réussi.

La sélection à grains jaunes, comprenant 109 plantes, a donné en moyenne 2203 grains par plante, du poids de 0 gr. 174 pour 100 grains. Les 48 plantes à grains violets

ont donné 2288 grains par plante, pesant 0 gr. 153 les 100 grains.

La coloration des grains s'est transmise assez fidèlement; pour la sélection à semences jaunes, le 75 % des plantes ont donné des grains de même couleur; pour la sélection à grains violets le 80 %. Les colorations non conformes à celle de la plante-mère représentent les cas d'atavisme provenant de croisements antérieurs.

Les chiffres obtenus correspondent très bien à la loi de Mendel, sur les monohybrides de seconde génération, qu'ils viennent ainsi confirmer.

L'hérédité dans la coloration des grains chez le trèfle permet de conclure à l'hérédité d'autres caractères, tels que la productivité et autres qualités spéciales des plantes de choix. Elle permet d'envisager la possibilité de créer une ou plusieurs races améliorées de trèfle que la coloration uniforme des grains fera connaître facilement.

Les graines obtenues dans ces deux sélections vont être pour la plupart multipliées en grande culture; celles des meilleures plantes vont être soumises à une sélection encore plus serrée au point de vue de leur valeur culturale et de la coloration des grains.

C'est la première fois que l'on soumet le trèfle à une sélection méthodique; elle n'est pas sans présenter des difficultés, parce qu'il faut régler l'intervention des bourdons dans la fécondation des fleurs pour assurer cette fécondation tout en évitant les métissages par le pollen étranger.

En complément de sa communication du 18 novembre 1903 sur l'*influence du sujet sur la greffe* et à propos d'un cas récemment observé, M. Martinet a fait la remarque que les hybrides de greffes se produisent généralement lorsque les arbres sont soumis à des opérations de ravalement, de taille, de mutilation, de transplantation, qui rejettent la sève vers le point de soudure de la greffe, en y faisant développer des bourgeons qu'on laisse pousser et qui sont souvent des hybrides de greffe.

Si ceux-ci sont rares, c'est que les pousses qui apparais-

sent dans le voisinage de la greffe sont impitoyablement enlevées par le jardinier.

L'influence du sujet sur la greffe cesserait donc à une certaine distance de la greffe ; elle serait due à un mélange des protoplasmas du sujet et de la greffe. Mais ce mélange des sèves cesserait ainsi au bout d'un certain parcours dans la partie greffée, puisque les caractères extérieurs du sujet ne se manifestent pas sur la greffe à une certaine distance du point de soudure; il est assez probable qu'il en est de même pour l'influence du sujet pour le goût, la couleur et autres caractères des fruits. Ceux-ci sont généralement formés loin du point de soudure; toute influence néfaste du sujet sur les fruits de la greffe, comme on pourrait le craindre pour la vigne greffée sur plan américain, paraîtrait ainsi écartée.

L'explication et les observations de M. Martinet donnent la clef de la formation des hybrides de greffes. Il serait facile de provoquer l'apparition d'hybrides de greffe en taillant les greffes de deux ou trois ans, pour rejeter la sève sur les bourgeons latents avoisinant le point de soudure. Cette influence du sujet sur la greffe peut être rapprochée des cas de télégonie et de parthénogénèse du monde animal.

M. le Dr S. Biéler présente un *crâne d'ours*, tué dans les Alpes grisonnes, et qui lui avait été remis il y a déjà deux ou trois ans, pour le Musée agricole.

Ce crâne provient d'un animal adulte, mais jeune encore. Ce qui le caractérise c'est l'absence de la crête occipitale ordinairement très accentuée chez les ursidés. En outre la longueur totale du crâne est moins grande que sur celui d'un ours ordinaire de Lithuanie.

M. Biéler a pensé qu'il avait sous les yeux un spécimen d'une petite race non mentionnée par les auteurs; Tschudi mentionne seulement, sans autre renseignement, un *petit ours brun* comme habitant les Alpes (*Alpes*, p. 598).

Une visite de M. le prof. Galli-Valerio au Musée agricole a apporté un éclaircissement. D'après ce professeur, il y

aurait dans les Alpes de la Valteline, un ours de petite dimension que les montagnards ont surnommé en patois *furmigareu* (le fourmilier) et qu'ils considèrent comme une espèce particulière, plus petite et proportionnellement plus longue que l'*U. arctos*. Un exemplaire empaillé de ce furmigareu, mais que M. Galli-Valerio avait cru être seulement un jeune ourson, se trouve au musée de Sondrio. Le crâne du Musée agricole lui fait penser qu'il y aurait en réalité une espèce particulière.

On mentionne dans le nord de l'Europe un *Ursus formicarius*. Dans son récent ouvrage, M. Menegaux l'indique comme de grande dimension. Il y aurait là un problème à élucider.

M. F.-A. Forel. Sur les *oscillations de Watson*. M. E.-R. Watson, de la *Lake Survey* d'Ecosse, vient de publier (*Nature*, LXIX, 174) la découverte d'oscillations des couches moyennes de l'eau, constatées par la variation périodique de la température de l'eau. Au loch Ness, en juillet 1903, il a reconnu dans la couche de 60 m. sous la surface, une oscillation de 20 m. d'amplitude verticale, avec une période de trois jours, se traduisant par des différences de température de 3° C.

M. Forel croit pouvoir peut-être rapprocher de ces faits les observations qu'il a faites du 9 au 13 juillet 1885, sur le Léman, où il a vu, d'une extrémité à l'autre du grand lac, des différences considérables dans la température des couches moyennes. Par 60 m. la température était à Chillon, le 9 juillet, 8°0 ; à Morges, le 13 juillet, 6°5 ; par 40 m., elle était à Evian, le 12 juillet, 7°4 ; à Morges, le 13 juillet 9°0 (*Léman II*, 352). Il n'a pas pensé alors à un mouvement de balancement de l'eau, à des seiches profondes des plans superposés de température différente, et il a supposé une inclinaison statique des plans isothermes. Il est possible que les anomalies des sondages thermométriques de 1885 doivent s'expliquer par les oscillations de Watson.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 18 février 1904.

P.-A. Guye et J. Homfray. Tension superficielle des éthers.

Au nom de Mlle J. Homfray et au sien propre, M. Ph.-A. Guye entretient la Société de recherches entreprises sur *les tensions superficielles d'éthers amyliques et d'éthers maliques*. Les mesures ont conduit à des valeurs du coefficient de température K notablement supérieures à la valeur 2,12, généralement considérée comme normale. Ce résultat peut être interprété de deux façons différentes : ou bien il est dû à la non sphéricité des molécules, ou bien il a pour cause une dissociation dans la phase liquide. Les mesures de crioscopie et l'application de la règle de Longinescu confirmeraient cette seconde manière de voir. De nouvelles recherches seront entreprises en vue de permettre un choix plus judicieux entre les deux interprétations.

Séance du 3 mars.

Arnold Pictet. Le sommeil chez les insectes. — Camille Barbey. Chemin de fer aérien à grande vitesse. — R. Chodat et A. Bach. Sur les ferments oxydants.

M. Arnold Pictet fait une communication sur *l'instinct et le sommeil chez les Insectes.*

Pour faire suite à une communication sur la *théorie biolo-*

gique du sommeil dans laquelle M. le Dr Ed. Claparède[1] est arrivé à la conclusion que le sommeil, chez les animaux supérieurs, ne serait pas produit par l'intoxication, ainsi qu'on l'admet généralement, mais serait plutôt une fonction de l'instinct, M. Pictet entretient la Société d'expériences qu'il a faites à ce sujet et de faits qu'il a rencontrés dans la nature et qui tendent à prouver que chez les insectes le sommeil serait bien aussi causé par l'instinct. Chez les insectes, le sommeil peut atteindre parfois une durée considérable (certaines espèces vivent deux ans à l'état de chrysalide), surtout lorsque l'animal doit passer l'hiver sous une de ses trois formes, de larve, de nymphe ou d'insecte parfait. Dormir est alors, pour lui, une nécessité, et M. Pictet se demande, en premier lieu, quelles sont les causes qui sont capables d'amener ce sommeil prolongé de tout l'hiver; il cite les cas, surtout celui de l'hivernage des chenilles, où l'on admet, avec persistance, que ce sommeil est simplement dû aux basses températures qui les engourdissent, les endorment, pendant les cinq mois que dure l'hiver. Mais c'est une erreur et l'auteur pense plutôt que, dans ce phénomène, ce n'est uniquement que l'instinct, *l'intelligence fixée par l'hérédité*, qui agit. Voici les preuves que M. Pictet a signalées, à l'appui de sa théorie.

Preuves naturelles. — 1° Pour ne parler que des Lépidoptères, toutes les chenilles ne dorment pas en hiver. Il n'y a que celles qui se nourrissent de plantes qui disparaissent pendant cette saison qui le font, faute d'alimentation, pour vivre par combustion. Celles qui se nourrissent de plantes vivaces, telles que les herbes des prés, le lierre, les épines des pins silvestres, etc., quittent fréquemment leur sommeil, pendant la mauvaise saison, pour aller se nourrir. Il est donc naturel de penser que les premières, comprenant, par l'instinct légué par leurs ancêtres qui ont eu à subir les mêmes conditions, que leur nourriture leur fera défaut pendant de longs mois,

[1] Séance du 4 février 1904.

usent de la faculté nécessaire qu'ils ont acquise de pouvoir dormir pour vivre par combustion. Tandis que les secondes, n'ayant pas besoin de dormir ainsi, puisqu'elles ont toute l'alimentation voulue, ne le font pas, ou du moins ne le font pas d'une façon aussi prolongée que les autres.

2° Dans les pays tempérés, tels que le Midi, où la température de l'hiver n'est pas excessive, les chenilles s'endorment tout de même pendant cette saison.

3° On trouve souvent, en hiver, sous les écorces des arbres, des araignées endormies et maigres, montrant ainsi qu'elles hivernent, sans nourriture, vivant par combustion. Dans les nids des chenilles de *Porthesia chrysorhoea*, on rencontre d'autres araignées, grasses, dodues et parfaitement réveillées, qui montrent qu'elles peuvent se nourrir copieusement en suçant les chenilles qui les environnent.

Dans ces trois exemples, il n'y a que les espèces qui n'ont pas de nourriture en hiver qui s'endorment et c'est l'instinct qui leur enseigne qu'elles s'épuiseraient si elles voulaient en chercher inutilement et qu'il faut qu'elles dorment pour sauver leur existence, en vivant par combustion.

Preuves tirées des expériences. — 1° Lorsqu'on élève, dans une chambre chauffée, des chenilles qui ont coutume d'hiverner, elles s'endorment également et cela pendant plusieurs semaines, malgré qu'elles ne sentent pas le froid ; ce sommeil leur vient *à la même époque* à laquelle leurs ancêtres ont eu coutume, chaque année, de s'endormir, c'est-à-dire au commencement de l'hiver. (Expériences faites par l'auteur avec *Lasiocampa Quercus*, qu'il peut nourrir de plantes vivaces toute l'année, telles que le lierre, le laurier-cerise, le fusain du Japon et l'esparcette.)

2° Les espèces que M. Pictet élève constamment dehors, dans des cages en toile métallique, peuvent être considérées comme subissant les mêmes influences de température que celles qui se trouvent en liberté. Pendant les

froids on ne les voit pas; elles dorment, cachées dans la mousse. Survient une première période tempérée, comme il y en a souvent pendant l'hiver : le premier jour d'élévation de température, elles quittent leurs cachettes pour venir inspecter l'état de la végétation; car, n'ayant pu mesurer la longueur du sommeil qu'elles ont subi, sentant la chaleur, elles pensent que le printemps est arrivé. Mais elles ne trouvent pas le moindre petit bourgeon; c'est donc que le printemps n'est pas encore là et elles vont se coucher de nouveau. Le lendemain, nouvelle journée chaude : pas une seule chenille ne se montre ! C'est l'instinct qui se manifeste encore et leur enseigne (ainsi que cela s'était passé pour leurs ancêtres) qu'en un seul jour les bourgeons n'ont pu pousser, que ce n'est donc pas encore le printemps et qu'il n'est pas nécessaire de se déranger de nouveau. Et le même phénomène se produit à chaque nouvelle hausse de température.

3° Au printemps, lorsque les bourgeons sont sortis et que les chenilles ont repris leur vie active, il arrive souvent qu'une baisse de température, avec parfois chute de neige, se produise; aucune ne va de nouveau se cacher, car elles comprennent (ce cas s'étant déjà présenté à l'un ou l'autre de leurs ancêtres) que ce retour du froid n'est que momentané et que, puisque les bourgeons ont poussé, c'est que l'hiver est tout à fait fini.

4° Parmi les expériences que M. Pictet a faites, en vue de prouver que le froid n'est pour rien dans le sommeil des larves de Lépidoptères, il cite la suivante, faite avec des chenilles de *Phalera Bucephala*, qui sont adultes en été. Lorsqu'il les met dans une boîte sans aucune nourriture quelconque, elles tissent, après quelques heures, une toile de soie, s'y fixent toutes les unes à côté des autres et s'y endorment. Lorsqu'elles sont bien endormies, le fait de leur donner alors de la nourriture fraîche n'amène pas tout de suite leur réveil.

5° Lorsque, momentanément, on prive de nourriture des espèces qui ont coutume de se nourrir, durant tout l'hiver, de plantes qui sont vertes pendant cette saison (les ancê-

tres de ces espèces n'ont donc jamais dormi d'un sommeil nécessairement prolongé durant l'hiver), elles ne s'endorment nullement et finissent par s'épuiser, en cherchant leur alimentation; elles finiraient par périr, si l'expérimentateur n'arrivait à temps à leur secours, avec de la nourriture fraîche.

M. Camille Barbey présente un projet de *chemin de fer suspendu à grande vitesse*. Ce système de chemin de fer est une contribution à la solution du problème des transports à grandes vitesses actuellement à l'ordre du jour.

Les locomotives à vapeur construites dernièrement pour les grands réseaux français représentent à peu de chose près les limites de puissance que l'on peut atteindre par un emploi rationnel de la vapeur, sur les voies ferrées européennes. Ces locomotives remorquent un train de 360 tonnes à 110 km. l'heure en palier; leur poids en charge est d'environ 110 tonnes.

Les essais remarquables faits l'automne dernier sur la ligne Zossen-Marienfeld ont prouvé que les moteurs électriques étaient capables sous leur forme actuelle de fournir un travail suffisant pour remorquer une voiture de 90 tonnes à 210 km. à l'heure en palier, sans que la limite de leur puissance soit atteinte.

Les voies ferrées actuelles ne permettent pas d'autre part de mettre en marche sur leurs lignes des trains à vitesse moyenne de marche voisine de 125 km. à l'heure et cela surtout en raison des conditions d'exploitation. Si l'on veut conserver à ces lignes leur capacité de trafic, leur rendement commercial et leur assurer leur développement normal, il n'est pas possible de les monopoliser au profit de trains circulant à très grande vitesse.

Il s'agit donc, en profitant des progrès dûment acquis aujourd'hui, de superposer aux réseaux des voies ferrées existantes un nouveau réseau de lignes à très grande vitesse. Ces lignes ne seront établies qu'entre les centres ou les régions justifiant au point de vue de la circulation, du rendement commercial et des conditions topographiques, l'intérêt de tels moyens de transport.

Nous estimons que, pour ces lignes-là, il paraît indiqué d'adopter une superstructure et un matériel roulant réalisant un progrès sur la voie ferrée actuelle.

Une voie pour trains très rapides doit allier une grande rapidité à un guidage sûr et facile des véhicules au passage des courbes.

Dans la solution que nous proposons, nous avons conservé la voie ordinaire à deux files de rails ; nous lui avons donné une base rigide et invariable présentant par sa disposition spéciale certains avantages supplémentaires. Pour améliorer le passage des courbes, la caisse des véhicules a été placée au-dessous des trains de roues, en tenant compte rationnellement de l'action de la force centrifuge.

Ce système se présente donc sous la forme suivante :

1° La *voie* proprement dite se compose de deux files de rails, à écartement d'un mètre, logés à la partie inférieure d'un tube ; celui-ci est à section rectangulaire avec une fente longitudinale entre les deux files de rails. Ce tube formé de sections de 20 mètres de longueur est supporté à l'extrémité de ces sections et à 5 mètres au-dessus du sol par des piliers dont la forme réserve le gabarit d'espace libre de la voie normale. Le tube et les piliers sont en béton armé, matériel le plus approprié à ce type de construction en raison de sa rigidité, de son invariabilité et de sa facilité de construction. Cette superstructure forme un ensemble homogène ; elle assure la protection complète de la voie et de ses attaches contre tous les phénomènes atmosphériques ; elle permet d'installer à l'abri de ces mêmes intempéries et à proximité immédiate des moteurs les conducteurs de courant électrique pour la traction des convois.

2° Le *matériel roulant* est constitué par des caisses de voiture suspendues à deux bogies à trois essieux. Les bogies circulant à l'intérieur du tube s'inscrivent au passage des courbes comme sur une voie ordinaire, la caisse de la voiture par contre qui peut osciller s'incline librement sous l'action de la force centrifuge. Si l'on adopte un type

de courbe à variation continue du rayon de courbure entraînant une variation continue du surhaussement de l'une des files des rails, on pourra franchir en toute sécurité à très grande vitesse des courbes de 1500 mètres de rayon minimum. Les formes adoptées pour le matériel roulant assurent une indépendance complète entre les appareils de roulement et moteurs permettant le remplacement rapide de ces derniers. Le mode de traction électrique prévu est celui dit « par trains à unités multiples » à raison de deux moteurs par bogies, soit quatre par voiture.

M. le prof. Chodat présente au nom de M. Bach et au sien une communication relative au *mode d'action de la peroxydase.*

Rappelant les travaux publiés antérieurement par ces auteurs et donnant succintement les méthodes qui leur ont permis d'obtenir du raifort une peroxydase purifiée, pulvérulente et blanche, ils se sont demandé s'il ne conviendrait pas d'établir à partir de cette peroxydase relativement pure une série d'expériences pour déterminer son mode d'action. Les auteurs de cette communication se sont basés sur le fait que le produit d'oxydation du pyrogallol, la purpurogalline qu'on obtient en faisant agir la peroxydase en présence de l'eau oxygénée, et un corps insoluble qui se dépose facilement et peut être dosé avec précision.

En effet, d'après la théorie de MM. Bach et Chodat, les oxydases sont des sytèmes Peroxydase-Peroxyde, dans lesquels *la peroxydase* liée temporairement ou plus étroitement avec un peroxyde inorganique ou organique est l'agent activant par excellence le catalysateur.

Le peroxyde est l'agent chimique dont l'activité oxydante sur un autre corps doit être activé par le ferment, le catalysateur.

On peut se demander à ce sujet quel est le mode d'action de la peroxydase ; appartient-elle à cette catégorie de catalysateurs dont on ne peut encore déterminer le mode d'action, qui durant toute la réaction se maintiennent

intacts et qu'on peut doser à chaque instant, prennent-ils part à la réaction en formant une combinaison passagère qu'on peut déceler comme dans l'action de l'acide chromique sur le peroxyde d'hydrogène, ou bien tout en formant avec le peroxyde une combinaison intermédiaire la peroxydase n'est-elle pas régénérée, disparaît-elle durant la réaction?

Pour élucider ces diverses questions, les auteurs ont procédé comme suit :

Dans une première catégorie d'expériences, ils ont fait agir sur une quantité constante de Pyrogallol une quantité constante d'eau oxygénée, faisant varier la quantité de peroxydase ; dans une seconde catégorie, le Pyrogallol et la peroxydase sont à la même concentration dans les diverses expériences, tandis que l'eau oxygénée varie.

A. Eau ad 35 cc.

	Pyrogallol	H_2O_2 à 1 %	Peroxydase	Purpurogalline
1	1 gr.	10 cc.	0,01	0,021
2	»	»	0,02	0,042
3	»	»	0,03	9,066
4	»	»	0,04	0,083
5	»	»	0,05	0,102
6	»	»	0,06	0,123
7	»	»	0,07	0,145
8	»	»	*0,08*	*0,166*
9	»	»	0,09	0,167
10	»	»	0,10	0,162

B. Eau ad 35 cc.

	Pyrogallol	H_2O_2 à 1 %	Peroxydase	Purpurogalline
1	1 gr.	1 cc.	0,10	0,0205
2	»	2 cc.	»	0,042
3	»	3 cc.	»	0,060
4	»	4 cc.	»	0,078
5	»	5 cc.	»	0,099
6	»	6 cc.	»	0,121
7	«	7 cc.	»	0,142
8	»	8 cc.	»	*0,168*
9	»	9 cc.	»	0,168
10	»	10 cc.	»	0,163

On voit d'après les chiffres de cette série pris parmi d'autres tout aussi constants que la production de purpurogalline est proportionnelle à la quantité de ferment employé et à celle de peroxyde employé, dans le cas où il y a suffisamment de l'un ou de l'autre pour établir le système indiqué peroxydase-peroxyde. On voit que pour 1 gr. de pyrogallol, lorsqu'on a atteint le maximum du système capable d'oxyder 1 gr., la quantité de purpurogalline n'augmente plus.

Soit dans l'une des séries, soit dans l'autre, il est facile de montrer que lorsque l'on n'a pas atteint l'équivalence des deux termes du système peroxydase-peroxyde, il y a tantôt excès de peroxydase, tantôt excès de peroxyde.

En effet, en ajoutant, dans le premier cas, de l'eau oxygénée, dans le second cas, de la péroxydase, la réaction se complète.

Si on élève la concentration du pyrogallol, on s'aperçoit que la quantité de purpurogalline peut, dans les expériences 9 et 10, s'élever encore, ainsi que le fait prévoir l'arrêt à 8.

C. Eau ad 35 cc.

	Pyrogallol	H_2O_2 à 1 %	Peroxydase	Purpurogalline
a	1 gr.	10 cc.	0,10	0,166
b	2 gr.	»	»	0,202
c	3 gr.	»	»	0,203
d	4 gr.	»	»	0,205

On ne peut donc oxyder avec une dose définie du système oxydasique qu'une quantité définie de pyrogallol.

Mais si on double la dose, la réaction est de nouveau proportionnelle.

D. Eau ad 35 cc.

Pyrogallol	H_2O_2 à 1 %	Peroxydase	Purpurogalline
4 gr.	20 cc.	0,20	411

La conclusion très importante qu'on peut tirer de ces expériences est la suivante :

La peroxydase et l'eau oxygénée agissent en proportion définie à la façon d'une combinaison chimique ; la quantité de purpurogalline obtenue est strictement proportionnelle à la quantité du système oxydasique employé à condition de lui offrir des doses suffisantes de Pyrogallol à oxyder.

C'est la première fois qu'à propos d'un ferment, on détermine une proportionnalité aussi constante et surtout qu'on détermine la relation qui unit les deux facteurs de la réaction, en fonction du produit obtenu.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

H. Hess. Die Gletscher. — Les Glaciers. 1 vol. in-8°, 426 p., avec de nombreuses illustrations. Braunschweig Vieweg und Sohn, 1904.

Nous éprouvons une vive satisfaction en recevant ce beau volume qui répond parfaitement à un besoin bien souvent exprimé par tous les glaciologistes et les géographes, la mise au point actuel d'un manuel de la physique des glaciers. La *Gletscher Kunde* de Heim a paru en 1885 : elle est donc vieille de vingt ans ; une nouvelle édition de ce livre classique n'apparaît pas encore sur l'horizon de la librairie ; et entre temps les travaux sur les glaciers se sont multipliés et sont d'un intérêt de jour en jour plus intense. Il était donc urgent de les résumer dans une vue d'ensemble.

Personne n'était mieux capable de présenter au public les résultats de ces recherches diverses que M. le Dr Hans Hess, professeur au gymnase royal d'Ansbach, en Bavière, qui depuis plusieurs années a accompli avec M. le Prof. Ad. Blümcke de Nüremberg, les mémorables sondages du glacier de l'Hintereis ; ses relations de voisinage de champ d'étude avec l'explorateur du glacier de Vesuagt, le Prof. Dr S. Finsterwalder, de Münich, l'auteur de la théorie mathémathique de l'écoulement des glaciers, l'ont encouragé certainement dans sa grande œuvre.

Les qualités de netteté, de précision, de concision,

l'abondance des informations, l'étendue de la lecture, caractérisent cet ouvrage didactique. Nous sommes heureux de le recommander à tous les glaciologistes, les physiciens et les géographes en possession de la langue allemande. F.-A. F.

Karl Hofmann. Die radioactiven Stoffe, etc. — Les corps radioactifs d'après l'état présent de nos connaissances. Un vol. 54 p. Leipzig, Johann-Ambr. Barth, libr.-édit.

La publication que nous annonçons ici est un exposé très complet des travaux parus sur la radioactivité et sur les corps radioactifs, depuis la fameuse découverte de ces rayons par M. Becquerel. Elle se termine par un essai théorique destiné à faire rentrer ces notions nouvelles dans les lois fondamentales de la physique. Elle vient prendre une place honorable au milieu des nombreux écrits auxquels cette nouvelle étude a donné lieu.

CHIMIE

J. Walker, übersetzt von H. v. Steinwehr. Einfuhrung in die Physikalische Chemie.

Ce livre n'a pas la prétention de donner un exposé complet et systématique de la chimie physique, son but étant beaucoup plus d'en exposer les bases. Il est spécialement destiné aux étudiants en chimie qui ne peuvent plus aujourd'hui se passer de certaines connaissances sur la chimie physique; il leur facilitera la compréhension des théories physico-chimiques et leur application à des travaux pratiques, et leur servira d'introduction à l'étude d'ouvrages plus complets, mais qui présentent quelque difficulté pour le débutant, comme ceux d'Ostwald, Nernst et van t'Hoff. Le dernier chapitre seul, qui traite des principes

de la thermodynamique, nécessite la connaissance des mathématiques supérieures.

BIOLOGIE

Dr O. Zacharias. Forschungsberichte, etc. Rapports annuels de la station biologique de Plön, Nos X et XI, vol. gr. in-8, de 335 et 311 p., avec de nombreuses pl. et ill. dans le texte ; Stuttgart, Erwin Nägele, 1903 et 1904.

Nous avons déjà, à plusieurs reprises, signalé à nos lecteurs les travaux de limnologie, que dirige le Dr O. Zacharias, créateur de la station de biologie lacustre, subventionnée par le gouvernement prussien, à Plön dans le Holstein (voir *Archives* XXXI, 284, 1894 ; XXXIII, 267, 1895). Cet institut fondé en 1892, dans une jolie maison au bord du lac de Plön, l'un des bassins lacustres les plus importants de l'Allemagne du nord (10 km². de superficie, 60 m. de profondeur maximale) a fonctionné régulièrement et prospéré, attirant chaque année de nombreux collaborateurs et élèves qui viennent étudier, chacun selon sa spécialité, un chapitre particulier de la biologie lacustre. J'indiquerai, pour en montrer l'importance et l'intérêt varié, les principaux mémoires contenus dans les deux derniers rapports annuels.

W. Ostwald. Frottements internes dans l'eau, théorie de la flottaison des organismes du plancton ;

O. Ball. Recherches bactériologiques ;

M. Marsson. La flore et la faune des eaux polluées ;

O. Amberg. Le lac Muzzano ;

M. Voigt. Diverses études zoologiques, entr'autres sur les Rotateurs et les Gastrotriches ;

E. Lemmermann. Diverses études algologiques ;

C.-F. Rousselet. Les Rotateurs ;

F.-C.-G. Müller. Analyses des gaz de l'eau ; bouteilles a eau ;

H. Reichelt. Flore des Diatomées ;

Mme *Rina Monti.* Lacs alpins d'Italie ;

W. Cronheim. L'oxygène dans l'eau des lacs ;

Enfin du Directeur lui-même, Dr *O. Zaccharias*, une longue série de mémoires zoologiques et algologiques traitant de la technique, de la systématique, de la physiologie et de la biologie des organismes inférieurs des lacs en général, et en particulier de ces lacs de l'Allemagne du Nord dont il est l'explorateur attitré.

Cette série des rapports annuels de Plön, qui en est déjà à son onzième numéro, est une riche collection de documents et d'études dogmatiques sur toutes les questions touchant de près et de loin à la biologie lacustre.

F.-A. F.

CHARLES SORET

Le Comité de rédaction des *Archives des Sciences physiques et naturelles* et la science genevoise toute entière viennent de faire une perte infiniment douloureuse par la mort du professeur Charles Soret, survenue le 4 avril à 4 heures du matin. Mort foudroyante survenue à la suite d'une courte maladie, et qui a plongé tous ses amis, ses nombreux amis, dans la consternation et dans le deuil le plus profond.

Le 22 mars, il assistait encore à la dernière séance de notre Comité de rédaction, plein de vie et d'entrain ; le surlendemain il ressentait les premières atteintes d'un mal très inquiétant dans les voies digestives, accompagné de très violentes souffrances ; le 28, une opération devenue urgente et qui fut bien réussie, soulagea le malade et rendit espoir aux siens ; mais huit jours après il s'éteignait doucement.

CHARLES SORET, né à Genève, le 23 septembre 1854, montra de bonne heure des facul-

tés toutes spéciales pour les sciences exactes. Fils de Jacques-Louis Soret, le physicien éminent qui a été de longues années à la tête de notre publication et qui en a été l'âme après Auguste de la Rive, son maître, il procura à ce père vénéré la joie suprême de sa vie en le suivant dans la carrière. Après de très fortes études, spécialement à Paris, où il suivit les cours de l'Ecole polytechnique, et où il acquit une solide instruction mathématique, C. Soret fut chargé de la chaire de cristallographie et de minéralogie, à l'Université de Genève, place qu'il occupa de 1879 à 1884. Son enseignement était d'une admirable clarté et donnait un charme réel à cette branche ardue de la science. Aussi la fit-il aimer et forma-t-il plusieurs élèves dont l'un, l'élève de prédilection, lui donna la joie de lui succéder.

A la mort du professeur Wartmann, il fut chargé, en 1887, de la chaire de physique générale dans laquelle il montra à un degré plus élevé encore les belles qualités de son esprit et un dévouement absolument paternel à ses étudiants. Il ne renonça, il y a quatre ans, à cette noble tâche, que contraint par la fatigue résultant de la conscience presqu'excessive avec laquelle il y vaquait, et des soucis que lui avaient procurés la charge de recteur de l'Université et la reconstruction des laboratoires de physique détruits par

un incendie. Il n'a voulu céder la place qu'après avoir mis toutes choses au point pour son successeur qui fut, là encore, un de ses élèves.

Nous reviendrons dans un de nos prochains numéros, sur la belle carrière de cet ami et sur ses nombreuses recherches, pour marquer la trace lumineuse qu'il a laissée dans la science.

Ses travaux, parus pour la plupart dans notre publication, ont porté surtout sur l'optique et spécialement sur les propriétés des cristaux. Dans ce domaine si délicat et si précis, l'esprit lucide et exact de Soret se complaisait tout particulièrement. Nous ne pouvons énumérer ici les titres de toutes ses publications. Bornons-nous à rappeler l'invention de son réfractomètre à réflexion totale et son beau traité intitulé *Eléments de cristallographie physique* qui, à lui seul, assure la réputation de son auteur.

Mais ce que nous avons à cœur surtout de rappeler à cette place où nous lui adressons un suprême adieu, c'est qu'il a été pendant plus de vingt ans attaché à la *Rédaction des Archives* et qu'il a apporté au développement de cette vieille publication genevoise tout le dévouement dont il était capable. Il l'a montré tout spécialement en se chargeant à lui seul de l'élaboration des *Tables générales des Archives* de 1846 à 1878, table des matières et table des auteurs, formant un volume de 740 pages et qui a nécessité de sa

part une minutie, une patience et un esprit de méthode au-dessus de tout éloge, en un mot un travail considérable pour lequel nous lui gardons le plus profond et le plus affectueux souvenir.

Après un repos indispensable, il s'était remis aux recherches originales dans un laboratoire particulier qu'il s'était créé, et il nous avait donné dans notre dernier numéro la première partie d'une étude sur la tourmaline, dans laquelle on aura retrouvé les belles qualités de ce critique si sûr, de cet observateur si délicat et si précis. La science pouvait attendre beaucoup de lui encore, quand la mort l'a surpris en pleine carrière, pendant la rédaction de ce dernier travail. Elle perd en lui un disciple dévoué et nous un collègue auquel nous unissaient les liens de la plus étroite amitié. E. S.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1904

Le 1er, neige dans la nuit et depuis 4 h. du soir; hauteur 1cm; forte bise à 7 h. du matin, à 1 h. et à 4 h. du soir.
2, neige dans la nuit; hauteur 2 cm.
4, très forte gelée blanche le matin.
5, légère gelée blanche le matin.
7, gelée blanche et brouillard le matin.
9, pluie dans la nuit.
10, brouillard le matin; pluie à 1 h. et depuis 9 h. du soir.
11, pluie dans la nuit; fort vent à 1 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
12, quelques flocons de neige le matin; forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
13, forte gelée blanche le matin.
14, très forte gelée blanche le matin; forte rosée le soir.
15, très forte gelée blanche le matin.
16, pluie et brouillard à 7 h. du matin.
19, gelée blanche le matin.
20, forte bise jusqu'à 10 h. du matin.
21, très forte gelée blanche le matin.
22, forte gelée blanche le matin; très forte bise à 4 h. du soir.
23, forte bise à 10 h. du matin; averse à 3 h. du soir.
24, très forte bise jusqu'à 7 h. du soir.
25, gelée blanche le matin.
27, forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
29, fort vent à 10 h. du matin et à 9 h. du soir; pluie depuis 7 h. du soir.
30, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin; très fort vent la nuit jusqu'à 4 h. du soir; giboulées de neige dans l'après-midi; neige sur les montagnes environnantes.
31, légère chute de neige dans la nuit.

Hauteur totale de la neige : 3cm tombés en 2 jours.

GENÈVE — MARS 1904

Jours du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	19.0	19.1	20.4	19.31	- 6.52	18.8	20.5	NNE. 2	NNE. 2	N. 1	NNE. 1	13.1	10	10	10	10	....	1.6	3
2	21.3	22.6	22.4	21.77	- 3.99	20.3	22.8	SE. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	8.3	10	2	10	9	1.6	....	....
3	23.0	22.8	23.3	23.12	- 2.58	22.5	23.5	E. 1	N. 1	SW. 0	var.	3.8	7	10	8	8	....	....	....
4	22.9	21.6	21.2	22.19	- 4.45	20.7	23.6	S. 0	N. 1	S. 0	var.	2.1	7	7	10	7	3.3	....	....
5	21.9	22.0	22.2	21.92	- 3.66	21.1	22.6	SE. 1	NNE. 1	SE. 0	var.	4.6	2	4	10	7	3.1	....	....
6	22.6	22.4	22.6	22.56	- 2.97	22.1	22.9	SW. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.1	10	10	8	8	....	....	....
7	22.1	20.5	21.2	21.47	- 4.00	20.2	22.5	S. 1	N. 1	N. 0	N. 1	2.1	10	10	10	9	....	....	....
8	21.5	21.4	23.2	21.90	- 3.51	21.2	23.8	S. 1	N. 1	S. 0	calme	1.7	10	10	7	8	1.3	0.6	1
9	23.1	22.8	24.8	23.51	- 1.85	22.7	24.8	SW. 0	SW. 1	S. 0	var.	3.8	10	9	7	8	1.0	0.9	1
10	25.5	26.4	27.8	26.16	+ 0.86	24.8	28.0	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	6.4	10	10	10	10	....	**7.8**	4
11	28.4	29.0	29.3	28.69	+ 3.44	27.4	29.4	SSW. 1	SSW. 2	ESE. 1	SSW. 1	12.3	8	2	10	6	7.2	....	....
12	27.2	26.2	25.4	26.48	+ 1.28	25.1	28.9	NNE. 1	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 2	17.8	10	6	10	9	1.2	....	....
13	24.3	22.5	21.4	23.11	- 2.04	21.3	25.1	SE. 0	NNE. 1	S. 0	var.	3.3	0	0	0	0	8.9	....	....
14	21.4	20.0	20.8	20.74	- 4.36	19.3	21.7	S. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.8	0	0	0	0	8.8	....	....
15	22.9	22.3	23.2	22.51	- 2.54	21.8	23.4	S. 0	SW. 0	S. 0	var.	3.3	0	5	10	5	6.5	....	....
16	24.5	23.7	22.7	23.49	- 1.52	22.5	24.8	S. 0	N. 1	S. 0	N. 1	4.6	10	5	10	8	3.6	0.5	1
17	21.1	20.7	22.5	21.24	- 3.72	20.2	22.6	N. 1	N. 1	S. 0	N. 1	5.6	10	10	10	10	0.7	....	....
18	25.3	25.6	28.4	25.80	+ 0.88	22.9	29.2	S. 0	N. 1	N. 1	N. 1	5.6	9	1	0	2	8.3	....	....
19	31.3	30.5	31.5	**30.81**	**+ 5.93**	29.9	**31.6**	S. 0	N. 1	WNW 1	N. 1	6.9	1	8	10	6	1.7	....	....
20	31.1	30.6	29.7	30.42	+ 5.58	29.2	31.4	NNE. 2	N. 1	S. 0	N. 1	10.5	10	0	0	3	6.1	....	....
21	29.2	27.8	27.9	28.41	+ 3.60	26.9	29.4	S. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.3	0	0	0	0	**9.5**	....	....
22	29.4	28.5	29.8	29.05	+ 4.28	28.5	30.1	S. 0	N. 1	S. 0	N. 1	5.8	0	0	7	1	8.0	....	....
23	28.9	27.5	25.7	27.74	+ 3.00	24.6	29.8	SE. 1	NNW. 1	S. 1	var.	5.8	10	8	10	9	2.5	0.7	1
24	21.4	20.6	22.1	21.84	- 2.87	20.6	24.3	NNE. 3	NNE. 3	N. 1	NNE. 2	**18.8**	10	10	10	10	....	....	....
25	24.2	24.1	24.6	23.96	- 0.72	22.6	24.6	S. 0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	6.2	2	7	10	6	5.5	....	....
26	26.2	26.1	26.4	25.90	+ 1.25	24.6	26.8	SW. 1	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	6.7	8	2	4	4	8.9	....	....
27	26.1	25.8	27.9	26.48	+ 1.85	25.7	28.3	SW. 0	NNE. 2	E. 1	NNE. 2	13.6	10	10	10	10	1.0	....	....
28	28.8	28.2	28.0	28.32	+ 3.72	27.7	28.0	N. 0	N. 1	NNW. 1	N. 1	4.2	10	10	10	10	....	....	....
29	27.5	26.5	22.4	25.83	+ 1.25	20.0	28.0	SW. 1	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 2	14.6	7	10	10	9	....	4.6	4
30	14.4	17.2	17.2	**17.04**	**- 7.52**	**14.4**	19.0	SSW. 3	SSW. 1	WSW. 1	SSW. 2	16.3	10	5	4	7	3.0	6.6	**6**
31	19.5	21.0	25.3	21.02	- 3.53	18.0	25.9	S. 0	NNW. 1	SW. 0	var.	2.5	10	5	10	9	2.8	0.1	1
Mois	24.38	24.07	24.56	24.28	- 0.75							7.11	7.1	6.0	7.6	6.7	104.5	23.4	22

Jours du Mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre.
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	- 2.2	- 0.4	- 2.4	**- 1.47**	**- 4.45**	- 2.9	+ 0.3	87	85	95	**91**	**+13**	81	100	4.0	- 1.4	1032
2	- 3.9	+ 0.6	+ 1.6	- 0.58	- 3.67	**- 4.3**	2.8	96	72	68	85	+ 6	72	100	4.0	- 1.5	1048
3	- 1.2	2.8	1.9	+ 1.26	- 1.94	- 1.7	4.6	92	85	84	84	+ 6	75	92	3.8	- 1.7	1048
4	- 2.4	4.4	2.2	1.61	- 1.71	- 2.9	6.8	92	72	96	84	+ 6	62	100	4.1	- 1.4	1012
5	- 0.1	4.7	4.6	2.91	- 0.52	- 0.2	6.8	96	83	86	88	+10	81	96	4.1	- 1.5	1010
6	+ 1.4	6.1	3.9	4.01	+ 0.46	+ 1.0	8.5	93	85	87	89	+11	75	99	....	.....	1000
7	- 0.7	7.1	5.0	3.81	+ 0.15	- 1.9	9.5	88	62	80	79	+ 2	53	96	4.6	- 1.1	1025
8	+ 1.7	9.9	5.4	5.81	+ 2.03	+ 1.0	13.0	92	52	84	76	- 1	52	92	4.8	- 0.9	991
9	3.6	11.3	6.6	7.09	**+ 3.19**	3.5	12.7	93	63	82	85	+ 8	63	97	5.0	- 0.8	987
10	1.9	9.7	6.0	5 84	+ 1.82	1.8	10.4	100	76	94	89	+12	76	100	5.2	- 0.6	991
11	4.8	7.4	2.6	5.26	+ 1.12	1.5	8.5	75	41	64	67	**- 9**	41	90	5.0	- 0.9	955
12	+ 0.7	3.1	2.8	2.20	- 2.06	+ 0.4	4.2	86	63	70	71	- 5	60	86	4.7	- 1.2	987
13	- 2.2	5.2	2.9	2.04	- 2.34	- 2.4	7.7	92	52	81	72	- 4	51	92	....	.....	970
14	- 2.3	6.6	3.2	2.45	- 2.06	- 2.7	8.2	95	58	81	78	+ 2	58	95	5.2	- 0.8	931
15	- 1.3	12.7	7.5	5.74	+ 1.11	- 2.0	**16.0**	92	38	91	71	- 4	29	93	5.2	- 0.9	902
16	+ 4.9	10.0	8.0	7.40	+ 2.65	+ 4.8	11.0	81	63	73	78	+ 3	63	90	5 5	- 0.7	917
17	6.2	8.7	7.9	7.24	+ 2.36	6.1	10.0	91	72	83	87	+12	72	95	5.7	- 0.5	892
18	4.6	10.6	8.4	7.61	+ 2.61	3.2	12.0	92	53	52	73	- 2	51	99	5.9	- 0.4	902
19	1.2	9.5	6.6	5.77	+ 0.64	0.5	11.0	85	40	77	67	- 7	**40**	85	6.4	+ 0.1	882
20	+ 4.2	7.7	5.4	6.04	+ 0.78	+ 3.8	10.6	74	55	76	70	- 4	48	82	....	.....	870
21	- 0.1	9.7	5.7	5.21	- 0.17	- 1.0	10.8	91	56	75	74	0	56	91	5.9	- 0.6	881
22	+ 0.5	10.5	8.3	6.49	+ 0.98	- 0.5	13.6	93	44	72	69	- 5	43	93	6.0	- 0.5	877
23	5.6	8.2	3.1	5.47	- 0.17	+ 2.7	9.7	62	46	92	69	- 4	46	87	5.8	- 0.8	892
24	3.0	5.2	4.3	3.86	- 1.91	+ 1.3	5.8	72	64	74	72	- 1	61	90	6.5	- 0.2	927
25	0.1	7.7	6.1	4.56	- 1.34	- 0.7	9.0	92	54	65	75	+ 2	54	92	7.0	+ 0.3	867
26	3.8	8.7	7.2	6.25	+ 0.22	+ 3.8	11.0	83	55	66	72	+ 1	55	83	7.2	+ 0.4	888
27	6.0	9.7	8.5	7.33	+ 1.16	3.2	11.1	79	70	76	75	+ 2	63	82	....	.....	880
28	7.4	10.6	8.0	**8.60**	+ 2.30	7.2	11.2	83	66	81	75	+ 2	64	83	7.0	0.0	879
29	6.2	10.7	8.4	8.54	+ 2.11	5.8	12.3	88	63	80	72	0	55	88	7.4	+ 0.4	889
30	9.0	6.4	2.6	6.61	+ 0.05	1.5	9.5	74	66	61	**64**	- 8	47	74	7.5	+ 0.4	893
31	+ 1.6	+ 5.8	+ 3.1	+ 3.72	- 2.98	+ 0.1	+ 8.8	80	45	88	69	- 3	45	88	7.0	- 0.2	893
Mois	+ 2.00	+ 7.45	+ 5.01	+ 4.80	+ 0.20	+ 0.97	+ 9.27	87	61	79	76	+ 1			5.57	- 0.55	939

MOYENNES DE GENÈVE. — MARS 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	22.19	22.18	22.29	22.60	22.16	21.97	22.66	23.08	22.39
2e »	25.47	25.22	25.74	25.87	25.11	24.53	25.13	25.55	25.33
3e »	25.34	25.11	25.06	25.51	24.86	24.51	24.90	25.16	25.05
Mois	24.36	24.20	24.38	24.69	24.07	23.70	24.25	24.61	24.28

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 1.11	+ 0.55	− 0.19	+ 3.28	+ 5.62	+ 6.38	+ 4.63	+ 2.86	+ 3.03
2e »	3.41	2.53	+ 2.08	5.23	8.15	8.76	6.45	4.79	5.17
3e »	4.50	3.74	3.92	6.59	8.47	8.66	7.13	5.46	6.06
Mois	+ 3.05	+ 2.32	+ 2.00	+ 5.08	+ 7.45	+ 7.96	+ 6.10	+ 4.41	+ 4.80

Fraction de saturation en %.

1re décade	93	95	93	82	73	72	82	88	85
2e »	85	87	86	71	53	56	69	78	73
3e »	80	81	82	69	57	59	67	77	72
Mois	86	87	87	74	61	62	73	81	76

Dans ce mois l'air a été calme 322 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{103}{33} = 3.12$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 16°.6 E.
Son intensité est égale à 32.0 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		724.34
Nébulosité		6.9
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+ 4°.82
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+ 4°.87
Fraction de saturation		76 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875).	725.03
Nébulosité	(1847-1875).	6.1
Hauteur de pluie	(1826-1875).	47mm.3
Nombre de jours de pluie	(id.).	10
Température moyenne	(id.).	+ 4°.6
Fraction de saturat.	(1849-1875).	75 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	28.3	35.4	28.3	25.6	36.5	21.5	18.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	22.8	23.4	22.0	17.6	16.3	27.1

Durée totale de l'insolation à Jussy : 115h.1.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1904

Le 1er, neige.
2, forte bise le matin et fort vent le soir.
6, fort vent le matin; neige.
7, neige.
8, fort vent et neige.
9, très fort vent et neige.
10, neige.
17, très fort vent à 1 h. du soir.
23, très forte bise et neige.
24, 25, 26 et 29, neige.
30 et 31, très forte bise et neige.

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1904

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	54.9	54.2	50.6	53.2	− 6.5	50.0	55.1	SW. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	7.7	8
2	54.5	57.1	59.1	56.9	− 2.8	53.0	59.4	NE. 3	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	....	....
3	59.6	60.2	60.7	60.2	+ 0.5	59.5	60.5	SW. 2	SW. 2	NE. 2	SW. 2	7	6	10	8	....	....
4	59.4	59.3	59.7	59.5	− 0.2	59 0	60.0	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	6	9	....	....
5	58.6	59.1	59.2	59.0	− 0.7	58.5	59.5	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	1	4	5	4	....	....
6	59.1	59.6	60.9	59.9	+ 0.2	58.9	61.2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	3	8	....	....
7	59.5	59.8	61.0	60.1	+ 0.4	59.1	61.4	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	2.5	2
8	60.5	59 5	61.8	60.6	+ 0.9	59.3	62.1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	2.8	2
9	63.1	62.0	62.1	62.4	+ 2.7	61.8	63.4	SW. 2	SW. 4	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	4.9	5
10	62.2	62.4	63.2	62.6	+ 2.9	62.0	63.3	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	....	....
11	61.8	61.5	61.0	61.4	+ 1.7	60.8	62.1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	3.7	3
12	58.2	58 3	58.6	58.4	− 1.3	58.0	59.0	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	2	4	3	3	....	....
13	58.0	58.2	58.0	58.1	− 1.6	57.7	58.6	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	2	0	1	1	....	....
14	57.4	57.7	59.0	58.0	− 1.7	57.3	59.4	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
15	59.9	60.3	64.3	61.5	+ 1.8	59.7	64.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	2	1	1	....	....
16	61.0	61.1	60.7	60.9	+ 1.2	60.0	61.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SN. 1	0	0	1	0	....	....
17	59.0	59.1	60.4	59.5	− 0.3	58.7	60.7	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	....	....
18	61.0	62.2	64.1	62.4	+ 2.6	60.8	64.4	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	0	10	3	....	....
19	64.6	64.6	64.5	**64.6**	+ **4.8**	64.5	64.8	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	1	10	4	....	....
20	64.3	65.6	63.4	64.4	+ 4.5	63.2	**65.7**	NE. 2	SW. 2	NE. 1	var.	4	1	0	2	....	....
21	64.2	64.6	64.9	**64.6**	+ 4.7	63.9	65.0	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
22	64.4	64.5	64.7	64.5	+ 4.6	62.8	64.9	NE. 1	NE. 1	NE 2	NE. 1	0	0	3	1	....	....
23	61.6	60.7	57.4	59.9	0.0	56.1	63.2	NE. 2	NE. 3	NE. 4	NE. 3	10	10	10	10	5.6	7
24	54.8	55.7	57.3	55.9	− 4.1	54.2	58.1	NE. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	9.4	10
25	59.3	59.9	59.9	59.7	− 0.3	58.7	60.1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	10	8	10	9	12.4	14
26	60.9	61.8	62.5	61.7	+ 1.6	60.0	62.8	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	8	9	6.5	6
27	61.7	62.2	64.0	62 6	+ 2.5	61.5	64.3	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	....	....
28	64.1	63.9	63.8	63.9	+ 3.8	63.3	64.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	2	10	5	....	....
29	63.5	62.9	60.4	62.3	+ 2.1	58.2	63.9	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	3	8	10	7	**20.5**	**20**
30	52.9	52.2	50.7	**51.9**	− **8.4**	**49.0**	56.0	SW. 1	SW. 1	NE. 4	var.	10	10	10	10	10.6	10
31	50.9	53.6	58.1	54.2	− 6.1	50.0	59.1	NE. 4	NE. 4	NE. 3	NE. 4	10	5	10	8	....	....
Mois	59.84	60.12	60.52	60.15	+ 0.44							6.3	6.2	7.1	6.5	86.6	87

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1904

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-16.0	-13.4	-16.2	**-15.2**	**- 7.0**	-17.7	-13.2	79	71	78	76	68	80
2	-14.2	-12.0	-11.6	-12.6	- 4.4	**-18.0**	-11.0	80	81	81	81	75	85
3	-11.7	- 8.6	- 7.6	- 9.3	- 1.2	-12.5	- 7.3	82	83	86	84	80	89
4	- 6.4	- 5.4	- 6.0	- 5.9	+ 2.1	- 9.0	- 5.2	72	78	89	80	69	92
5	- 6.9	- 4.4	- 6.4	- 5.9	+ 2.1	- 7.9	- 3.9	62	53	74	63	52	82
6	- 7.7	- 6.5	- 7.8	- 7.3	+ 0.6	- 8.7	- 6.2	89	88	89	89	85	90
7	- 9.3	- 6.8	- 8.0	- 8.0	- 0.1	-10.0	- 6.5	87	84	86	86	82	89
8	- 7.4	- 6.0	- 6.5	- 6.6	+ 1.2	- 8.3	- 5.8	86	87	89	87	80	92
9	- 5.8	- 4.6	- 5.0	- 5.1	+ 2.6	- 7.1	- 4.3	91	89	91	90	85	94
10	- 6.4	- 3.6	- 6.3	- 5.4	+ 2.2	- 6.7	- 3.2	90	89	91	90	85	93
11	- 6.7	- 4.0	-10.5	- 7.1	+ 0.5	-10.8	- 2.8	90	89	91	90	85	95
12	-14.4	- 9.4	-12.2	-12.0	- 4.5	-15.7	- 9.2	82	83	82	82	79	87
13	-11.5	- 4.6	- 8.3	- 8.1	- 0.7	-13.6	- 4.5	80	65	55	67	38	83
14	- 7.6	- 1.0	- 5.8	- 4.8	+ 2.5	-10.0	- 0.8	23	15	25	**21**	14	38
15	- 6.2	+ 1.0	- 5.4	- 3.5	**+ 3.7**	- 7.9	+ 1.2	15	16	50	27	**13**	65
16	- 6.4	+ 1.5	- 5.5	- 3.5	+ 3.6	- 6.4	**+ 1.7**	73	52	92	72	45	93
17	- 6.3	- 6.6	- 7.4	- 6.8	+ 0.2	- 7.7	- 5.8	90	89	86	88	80	94
18	- 9.0	- 1.7	- 6.2	- 5.6	+ 1.4	- 9.3	- 0.8	87	70	85	81	57	89
19	- 7.8	- 4.6	- 7.3	- 6.6	+ 0.3	- 8.0	- 4.4	89	59	89	79	43	93
20	- 8.9	- 4.2	- 5.5	- 6.2	+ 0.6	-10.9	- 2.8	90	68	54	71	39	92
21	- 5.9	- 1.4	- 5.9	- 4.4	+ 2.3	- 7.4	- 0.8	26	29	53	36	22	59
22	- 8.3	- 3.2	- 5.2	- 5.6	+ 1.0	- 8.9	- 2.8	76	69	93	79	54	94
23	- 7.2	- 7.9	-11.4	- 8.8	- 2.3	-12.0	- 5.8	91	91	91	91	89	92
24	-11.6	- 9.0	-10.5	-10.4	- 4.0	-12.6	- 9.0	93	91	91	92	89	94
25	-11.5	- 8.9	- 7.6	- 9.3	- 3.0	-12.2	- 7.4	91	91	91	91	89	93
26	- 6.9	- 5.0	- 6.6	- 6.2	0.0	- 8.3	- 4.8	91	86	89	89	75	93
27	- 5.8	- 2.6	- 3.5	- 4.0	+ 2.0	- 7.0	- 1.8	87	86	92	88	69	95
28	- 5.9	+ 0.3	- 3.6	**- 3.1**	+ 2.8	- 6.2	+ 0.4	86	86	85	86	80	90
29	- 5.3	- 2.4	- 4.2	- 4.0	+ 1.8	- 5.7	+ 0.2	86	72	89	82	69	92
30	- 4.5	- 6.2	-14.4	- 8.4	- 2.7	-15.5	- 1.8	93	93	93	**93**	90	**96**
31	-13.9	-10.9	-11.7	-12.2	- 6.6	-16.1	-10.7	90	89	86	88	80	92
Mois	- 8.50	- 5.23	- 7.75	- 7.16	+ 0.16	-10.26	- 4.49	79	74	81	78		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : - $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	59.14	59.32	59.83	59.44	82	80	85	83
2e »	60.52	60.86	61.40	60.92	72	61	71	68
3e »	59.85	60.18	60.34	60.11	83	80	87	83
Mois	59.84	60.12	60.52	60.15	79	74	81	78

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 9.18	— 7.13	— 8.14	— 8.15	— 8.15
2e »	— 8.48	— 3.36	— 7.41	— 6.42	— 6.66
3e »	— 7.89	— 5.20	— 7.69	— 6.93	— 7.12
Mois	— 8.50	— 5.23	— 7.75	— 7.16	— 7.31

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{64}{99} = 0.65$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 37.6 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	28.0	36.0	57.1	86.6
Neige en centimètres....	0cm	13cm	44cm	87cm

RAYONS X ET RAYONS N

PAR

R. BLONDLOT

Professeur à l'Université de Nancy

La Rédaction des *Archives* de Genève, a bien voulu accueillir un travail que j'avais communiqué à la Société helvétique des Sciences naturelles, dans la session du 9 septembre 1902, intitulé : Egalité des vitesses de propagation des rayons X et de la lumière dans l'air ; ce travail a été publié dans le n° 1 du tome XV de la 4me période des *Archives*, paru le 15 janvier 1903.

En poursuivant mes recherches, j'ai été conduit à observer des phénomènes restés jusque là inaperçus, et la signification des expériences et des résultats consignés dans le mémoire dont je viens de parler s'est trouvée modifiée par ces nouvelles observations : c'est pourquoi je me sens tenu de présenter aux lecteurs des *Archives* un aperçu de mes nouvelles recherches, en insistant toutefois plus sur la suite des idées que sur la description des expériences [1].

[1] L'exposé complet de ces recherches se trouve dans une série de Notes publiées dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* pendant l'année 1904. Ces notes ont été réunies par la maison Gauthier-Villars en un petit volume intitulé : Rayons N.

La considération du degré de symétrie d'un tube de Crookes m'amena à penser qu'il n'était pas impossible que les rayons émis par ce tube fussent polarisés dès leur émission. Je constatai en effet qu'une petite étincelle électrique soumise à leur action devient plus lumineuse quand elle éclate parallèlement à l'axe du tube de Crookes, et que ce renforcement ne se produit pas quand elle est normale à l'axe du tube : cela indique que les rayons émis ont bien le caractère de dissymétrie propre à la polarisation. Celle-ci ainsi reconnue, je constatai immédiatement l'existence de la polarisation rotatoire : le quartz, le sucre, etc., font tourner le plan de polarisation des radiations produites par le tube de Crookes. J'eus alors l'idée d'essayer la rotation par une pile de micas de Reusch : la rotation eut lieu en effet, et je fus ainsi amené à examiner l'action d'une seule lame de mica; celle-ci donna la polarisation elliptique. Mais ce fait prouvait l'existence de la double réfraction, et rendait *a fortiori* infiniment probable celle de la réfraction simple. Je constatai alors qu'en réalité les radiations que j'étudiais sont déviées par un prisme en quartz, et peuvent être concentrées par une lentille, je reconnus aussi qu'elles sont réfléchies par une lame de verre poli et diffusées par le verre dépoli.

Tout cela indiquait que les rayons auxquels j'avais affaire n'étaient pas les rayons de Rœntgen ou rayons X, puisque ceux-ci ne se réfractent pas et ne se réfléchissent pas, mais bien une nouvelle espèce de rayons, traversant l'aluminium, le bois, le papier noir, etc., polarisés rectilignement dès leur émission et susceptibles des polarisations rotatoire et elliptique, se réflé-

chissant, se diffusant, mais ne produisant ni fluorescence ni action photographique. Je donnai à ces radiations le nom de rayons N.

C'est en réalité aux rayons N qu'appartiennent les phénomènes de polarisation que j'avais observés et attribués d'abord aux rayons X. En effet, à l'aide d'un prisme en quartz, analysons le faisceau émis par un tube de Crookes : les rayons X ne sont pas déviés tandis que les rayons N sont rejetés vers la base du prisme ; on peut alors constater que les rayons N seuls agissent sur la petite étincelle, tandis que les rayons X semblent sans action sur elle. C'est donc bien la polarisation des rayons N et non celle des rayons X que j'avais constatée ; de même, la vitesse de propagation que j'avais mesurée à l'aide d'une méthode qui a été publiée dans les présentes *Archives*, n'est pas celle des rayons X, comme je le croyais, mais celle des rayons N. Cette confusion était inévitable avant que j'eusse reconnu l'existence de nouvelles radiations.

En poursuivant l'étude des rayons N, j'ai constaté que l'on peut employer pour les déceler toute source de lumière très peu intense, par exemple une petite flamme de gaz, un fil de platine porté au rouge sombre, un écran phosphorescent ; toutes ces sources lumineuses augmentent d'éclat par l'action des rayons N. Un tube de Crookes n'est pas la seule source de rayons N : l'arc électrique, une lampe Nernst, un bec Auer, etc., mais surtout le soleil, en émettent.

La réflexion et la réfraction des rayons N suivent les mêmes lois que celles de la lumière ; en particulier la loi de Descartes s'est trouvée vérifiée avec une très grande précision dans les expériences faites avec des

prismes et une lentille (en aluminium). Dans l'émission de la lampe Nernst, j'ai constaté l'existence d'un grand nombre de radiations d'indices divers, compris entre les valeurs 1,04 et 1,85. J'ai isolé ces différents faisceaux à l'aide d'un prisme en aluminium, puis j'ai mesuré leurs longueurs d'onde à l'aide de réseaux tracés sur verre, par la méthode classique ; une autre méthode, basée sur l'emploi des anneaux de Newton, m'a donné des résultats concordant bien avec les précédents. Les longueurs d'onde trouvées sont comprises entre $0^{\mu},0081$ pour l'indice 1,04, et $0^{\mu},0176$ pour l'indice 1,85.

On voit par ce qui précède que les rayons N sont tout à fait analogues à la lumière, dont ils ne diffèrent que par la longueur de leurs ondes, qui sont beaucoup plus courtes. Maintenant, la lumière, les radiations ultra-violettes, les radiations infra-rouges et les radiations hertziennes qui, d'après la théorie électromagnétique de la lumière en sont le prolongement, se propagent dans le vide avec la même vitesse ; en d'autres termes, il y a une vitesse commune à toutes ces radiations et indépendantes de leurs longueurs d'onde ; il était donc pour ainsi dire certain *a priori* que les rayons N, que toutes leurs propriétés rapprochent de la lumière et qui en sont certainement une variété, auraient encore la même vitesse de propagation. C'est précisément ce que montrent les expériences que j'avais précédemment décrites dans les présentes *Archives*. Cette vérification d'un fait pour ainsi dire assuré d'avance n'est pas, à mon sens, sans intérêt ; elle confirme la cohérence complète de ce que nous savons des rayons N.

RECHERCHES

SUR LES

FERMENTS OXYDANTS

PAR

R. CHODAT et **A. BACH.**

Depuis qu'on a reconnu que la respiration normale consiste essentiellement en une oxydation de principes hydrocarbonés, on s'est efforcé de saisir le mécanisme de cette combustion.

Son caractère essentiel est de se passer à une température à laquelle d'ordinaire, en dehors de l'organisme, les combinaisons du carbone qui disparaissent durant le procès de respiration ne sont pas attaquées par l'oxygène moléculaire.

On a donc dû avoir recours à des hypothèses pour expliquer cette combustion à la température ordinaire.

Les unes sont exclusivement chimiques et supposent l'existence de corps actifs, oxygène actif ou combinaisons oxygénées, auxquels Schœnbein[1], qui ignorait à ce moment la vraie nature de l'ozone qu'il avait découvert, donnait le nom d'ozonides. Ce savant comprenait

[1] Schœnbein. *Basler Verhandl.* I, 229; II, 9; III, 697; V, 34, etc. 1855-1867.

sous ce nom, non seulement l'ozone mais aussi les peroxydes, tels que ceux de Mn, Pb, Co, Wi, l'oxyde d'Arg., d'Au de Pt[1].

Se servant de la propriété que possède la résine de gaïac[2] de bleuir en présence de ces oxydants, il mit en évidence l'existence de corps analogues dans les végétaux (thätiger, mit einer organischen Materie vergesellschafter Sauerstoff).

Ainsi l'écorce de pommes de terre, certains champignons avec ou sans chromogènes, le suc du Taraxacum etc., contiennent de ces ozonides. La chaleur les détruit.

Déjà Schœnbein utilise à propos de ces substances organiques le nom de ferment (Fermentartigekörper).

C'est aussi à lui qu'on doit l'explication complète du changement de couleur que subissent certains champignons (Bolets, etc.) lorsqu'on les brise à l'air[3]. Cet

[1] L. c. 1866, p. 463. Après avoir énuméré les corps qui produisent de l'eau oxygénée par l'oxydation lente, il dit : So lässt sich kaum daran zweifeln, nicht nur dass noch so viele andere bei gewöhnlicher Temperatur sich oxydirende Substanzen ein solches Verhalten zeigen werden, sondern dass auch bei jeder langsamen Oxydation, für deren Stattfinden die Anwesenheit von Wasser eine unerlässliche Bedingung ist, Wasserstoffsuperoxyd gebildet wird.

[2] La préparation de ce réactif exige certaines précautions sans lesquelles des erreurs graves peuvent être commises. Il faut avoir soin de préparer une solution alcoolique d'un morceau de gaïac qui n'ait pas été au contact de l'air ou de la lumière. L'alcool doit être également exempt de peroxydes. La teinture de gaïac s'oxyde facilement à l'air en formant un peroxyde. (Voir sur le principe oxydable du gaïac : Schær, Ed., Ueber Guayakblau und Aloinrot, Basler, Verhandl. Bd. XIII, 287.)

[3] Schœnbein. C.-F. Ueber Selbstbläung einiger Pilze und das Vorkommen von Sauerstofferregern und Sauerstoffträgern in der Pflanzenwelt, 1855, *Basl. Verhand.*

auteur a bien mis en évidence, dans ces cryptogames, l'existence d'un corps capable d'ozoniser l'oxygène et d'oxyder le chromogène. Bourquelot[1] a étudié plus tard le chromogène et l'oxydase des champignons. Mais Schœnbein mettait déjà en évidence, en 1855, l'analogie sinon l'identité du ferment extrait de l'écorce de pomme de terre, qui produit des oxydations semblables, et les oxydases des champignons.

Ce sont ces substances, extraites de diverses plantes par Yoshida[2] d'abord et par Bertrand[3], qui ont reçu le nom d'oxydases. Ce dernier ayant trouvé dans les cendres de ses oxydases une proportion notable de manganèse, attribue à la présence de ce métal lié à une substance organique, l'action principale dans le phénomène de l'oxydation. D'après lui, les oxydases seraient des combinaisons albuminoïdes de manganèse facilement dissociables par hydrolyse. Le manganèse à l'état d'oxydule jouerait le rôle d'un transmetteur d'oxygène. La molécule inerte d'oxygène serait dissociée : un atome se portant sur le manganèse produirait du bioxyde de manganèse, l'autre atome se porterait sur des corps oxydables tels que le pyrogallol, l'hydroquinone, etc.

Partant de ses études sur les oxydations lentes pendant lesquelles il se forme souvent des corps actifs, Bach[4] montra que ces derniers ne peuvent être que des peroxydes du type du peroxyde d'hydrogène.

[1] Bourquelot et Bertrand. *C. R. Soc. biol.*, 1895, p. 584 ; id. *Bull. Soc. myc. de France*, XII, 27.

[2] Yoshida. *Journ. chem. Soc.*, LXVIII, 472.

[3] Bertrand. *Compt. rend.* 1894, 1215.

[4] Bach, A. *Compt. rend.*, 124, 951, 1897.

Dans chaque oxydation lente il se formerait ainsi, comme premier stade, un peroxyde plus ou moins stable et qui, dans la plupart des cas formerait avec l'eau du peroxyde d'hydrogène.

C'est en partant de cette idée, que le même auteur émit l'hypothèse que les oxydases des auteurs, les ozonides de Schœnbein (p. p.) ne devraient leurs fonctions oxydantes qu'au fait qu'étant des corps facilement oxydables ils doivent, en présence de l'oxygène inerte, produire des peroxydes.

C'est cette théorie qui a été défendue plus tard par Kastle et Lœwenhardt[1], puis par Engler et Wöhler[2].

Nous avons repris cette question d'une manière méthodique et cherché à lui donner une base expérimentale. Dans une note publiée ici même, nous avons montré que l'idée qu'on se faisait de l'action ultra nocive du peroxyde d'hydrogène est exagérée. Lœw[3] pense qu'il ne doit pas pouvoir se former de peroxyde d'hydrogène dans le plasma vivant vu la toxicité excessive de ce corps et que, d'autre part, s'il s'en formait, il devrait être immédiatement détruit par le ferment auquel il a donné le nom de catalase (voir plus loin).

Nous avons montré que, en ce qui concerne les champignons, la toxicité du peroxyde d'hydrogène a été très exagérée[4] puisque nous arrivons à cultiver le

[1] Kastle und Lœwenhardt. *Am. chem. Journ.*, 26, 539 (1901).

[2] *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, 29, I (1902).

[3] Lœw, O. Catalase, *U. S. Dep. of. Agric.*, n° 68, 1900. Id. Chemie der lebenden Zelle.

[4] Chodat und Bach. Untersuchungen über die Rolle der Peroxyde in der Chemie der lebenden Zelle, I, *Bericht. d. D. Chem. Ges.*, Berlin, 35, 2466. — Pfeffer, W Ueber Oxydationsvorgänge in den lebenden Zellen, *Ber. d. d. bot. Ges.* VII, 1889.

Sterigmatocystis nigra et le *Penicillum glaucum* dans des solutions contenant jusqu'à $^1/_{50}$ de peroxyde d'hydrogène. Nous avons même pu obtenir la première espèce dans une solution qu'on maintenait au titre constant de 0,68 $^0/_0$ de H_2O_2.

D'ailleurs d'anciennes expériences de Pfeffer avaient montré le peu de toxicité de l'eau oxygénée vis à vis des phanérogames. Des organes de végétaux dans lesquels il avait pu obtenir des décolorations de sucs par le peroxyde d'hydrogène, ont continué à vivre après ce traitement.

Pfeffer, néanmoins, ne peut admettre que durant la période de respiration il puisse se faire des peroxydes ou de l'oxygène actif. Sa démonstration principale est la suivante.

Ayant fait absorber de la cyanine par les poils radicaux de *Triana bogotensis*, il voit la coloration intravitale du plasma se maintenir à l'obscurité.

La diffusibilité du peroxyde d'hydrogène étant considérable, s'il s'en formait durant la respiration, la cyanine devrait être immédiatement décolorée, car, dit-il, la cyanine est extrêmement sensible à l'eau oxygénée.

Nous avons examiné ce point, et nous n'avons pu admettre l'argumentation de Pfeffer. La cyanine est excessivement sensible aux acides qui la décolorent instantanément. Sans doute, le peroxyde d'hydrogène tel qu'on l'utilisait au moment où Pfeffer publiait ses recherches, n'était pas exempt d'acide, comme l'est actuellement le produit pur de Merck. D'autre part, nous avons trouvé que la décoloration de la cyanine par le peroxyde d'hydrogène est lente. Ayant ajouté à 1 cc d'une solution un peu alcoolique de cyanine

1 cc, 2 cc, 3 cc, 4 cc d'eau oxygénée, ce n'est qu'au bout de 25', 15', 10', 10' que la décoloration est complète.

Avec l'acide carbonique la décoloration est instantanée.

Reprenant l'argumentation de Pfeffer, nous pourrions tout aussi bien conclure de la persistance du pigment dans le plasma que, durant le phénomène de la respiration, il ne peut se former d'anhydride carbonique car la solution du gaz étant très diffusible et la respiration étant, de tous les phénomènes intracellulaires, le plus général, le plus répandu, la cyanine qui est si sensible à l'action des acides, devrait se décolorer.

D'ailleurs, dans notre idée, l'oxydation lente qui se fait à basse température pendant la respiration, donnerait naissance à des peroxydes utilisés au fur et à mesure des oxydations ultérieures.

En réalité, l'expérience de Pfeffer ne démontre qu'une chose, c'est la localisation de la cyanine; excessivement peu soluble dans l'eau, celle-ci ne traverse l'ectoplasma et ne s'accumule dans le plasma qu'à la faveur des graisses végétales, la lécithine et la choléstérine, auxquelles Overton [1] attribue en majeure partie le rôle de régler la pénétration des substances dissoutes, à travers l'ectoplasma.

Nous avons ensuite cherché à mettre en évidence les peroxydes dans le protoplasma vivant. Nous avons constaté [2] que les régions anatomiques des plantes qui donnent, lorsqu'on vient à les couper, une empreinte

[1] Overton. Jahrb. f. wissenschaftliche Botanik 34, 669 (1900).

[2] Bach et Chodat, l. c.. 1902, XXXV, 2466, IV, Ueber Peroxydbildung in der lebenden Zelle.

bleue sur le papier au gaïac, donnent d'une manière identique une empreinte violette sur le papier ioduré et amidonné (légèrement acidulé) (décomposition de HJ par l'oxydase).

Le périderme et les couches sous-péridermiques de la pomme de terre contiennent, ainsi qu'on le sait depuis Schœnbein, un principe oxydant. Il s'agissait de voir si l'on pourrait faire pénétrer dans le plasma des cellules actives l'iodure de potassium. En vertu des phénomènes de diffusion et d'une plasmolyse ménagée, le suc acide de la vacuole viendrait légèrement aciduler la solution iodurée. Celle-ci, si elle pénétrait, serait décomposée par le ferment oxydant ; l'iode dégagé, quelque faible qu'en pût être la quantité, colorerait l'amidon contenu dans le sac protoplasmique.

C'est ce qui se passe en réalité ; les cellules plasmolysées colorent bientôt leur amidon, faiblement en rose-violet puis en violet. Le contour du sac protoplasmique est normal ; de la périphérie de l'ectoplasma encore intact partent de nombreux filets qui le réunissent à la paroi, selon le schéma donné pour les plamolyses normales, par MM. Chodat et Boubier[1].

C'est donc bien à l'intérieur d'une cellule vivante, c'est-à-dire à l'intérieur d'une cellule qui constitue encore une système osmotique intact, que se fait l'oxydation de l'acide iodhydrique.

Si maintenant on substitue de l'eau à la solution plasmolysante, on voit la plasmolyse se défaire, le sac protoplasmique s'étendre, puis crever.

[1] Sur la plamolyse et la membrane plasmique, *Journal de Botanique*, Paris 1898, p. 118, pl. I. — Sur la membrane périplasmique, ibid. 1900.

Par cette méthode, nous arrivons donc à mettre en évidence, dans la cellule vivante, l'existence d'un peroxyde, d'un corps actif.

La méthode suivante[1] est tout aussi élégante. Dans une solution *fraîchement* préparée[2] de pyrogallol à 1 °/₀ contenant 10 °/₀ de glycose, on introduit des sections faites dans les premières assises sous péridermiques de la pomme de terre. Au bout de peu de minutes on voit les amyloleucites (c'est-à-dire les corpuscules auxquels est dévolue la fonction de faire la condensation des sucres en amidon) se colorer en jaune puis en rouge orangé et on voit finalement se déposer des cristaux de purpurogalline.

L'oxydation du pyrogallol par les oxydases ou le peroxyde d'hydrogène en présence de la peroxydase (voir plus loin), donne en effet naissance à ce produit de condensation.

On le voit, dans cette expérience, si l'on utilise une solution fraîche, la réaction s'opère dans la cellule vivante. En plus, on peut ainsi localiser dans les amyloleucites le siège du ferment oxydant. Si la cellule est intacte le noyau ne se colore pas ; mais dès que les membranes plasmiques sont atteintes et que le système osmotique ne fonctionne plus, le noyau se colore en violet (Fe).

Cette expérience réussit tout aussi bien si l'on emploie des sections de tubercules de *Stachys tuberosa*. Dans cette dernière plante la coloration est surtout

[1] Chodat et Bach. *Compte rendu des séances de la Soc. de physique et d'histoire naturelle de Genève*, 1903.

[2] Des solutions vieilles de quelques heures sont inutilisables car oxydées, elles constituent un poison actif de la cellule.

apparente dans l'endoderme et dans l'épiderme. En outre, autour de chaque noyau peuvent s'observer des leucites oxydasiques moins actifs. De même, cette réaction s'effectue dans les tubercules de Topinambours, l'endoderme ou gaîne fasciculaire des cardons, etc.

Il est à remarquer *qu'en ce qui concerne ces oxydases qui transforment le pyrogallol en purpurogalline*, le noyau est inerte. Les oxydases *en question* sont localisées en certains leucites souvent accumulés autour du noyau, mais ne sont point, autant qu'il paraît, sécrétées par le noyau.

Ceci ne parle guère en faveur de l'idée de Spitzer[1] et de Lœb[2] qui attribuent au noyau une fonction principale oxydasique et le rôle de sécréter des ferments oxydants.

Pour montrer que les oxydases sont bien des peroxydes, nous avons fait l'expérience suivante.

On a traité le suc frais de *Lathræa squamaria*[3], qui contient de l'oxydase, par un courant d'air pur, en ajoutant goutte à goutte une solution à 1 °/₀ de baryte. Le précipité de baryte, lavé et traité par l'acide sulfurique dilué, ne donne pas la réaction connue de l'eau oxygénée en présence de l'acide sulfotitanique, mais bleuit d'une manière intense l'iodure de potassium-amidon. Comme on ne peut mettre en évidence la pré-

[1] Spitzer, W. Die Bedeutung gewisser Nucleoproteïde für die oxydative Leistung der Zelle. *Arch. Phys. Pflüger*, Bd. 67.

[2] Lœb, S. Warum ist die Regeneration kernloser Protoplasmastücke unmöglich oder erschwert! *Arch. Entwickl. mech.*, Bd. 8.

[3] Bach et Chodat. L. c., XXV, 2467.

sence de l'acide nitreux (réaction de Griess), il ne saurait s'agir que d'un peroxyde substitué.

Le suc de Lathræa perd rapidement cette propriété.

Nous avons pu établir chez un grand nombre de plantes le parallélisme absolu de la réaction du gaïac et celle de l'iodure de potassium.

Pour expérimenter d'une manière plus précise, nous avons extrait de champignons[1] *Russula fœtens* et *Lactarius vellereus*, une oxydase qui, purifiée, se présente comme une poudre blanche, soluble dans l'eau et qui, outre les actions ordinaires des oxydases, oxydation du gaïac, du pyrogallol, etc., possède également la propriété de mettre en liberté l'iode de l'iodure de potassium. Nous avions conclu à l'identité du principe oxydasique et de celui qui décompose l'iodure de potassium.

A la suite de ces recherches, *Aso*[2] a cherché a montrer que ces deux actions ne sont pas dues à un seul et même oxydant. Se basant sur notre observation que les sucs de végétaux ou les organes, en se fanant, perdent peu à peu la propriété de bleuir le gaïac ou le réactif ioduré, mais que cette dernière réaction disparaît avant l'autre, Aso croit pouvoir affirmer l'existence de deux principes distincts. Mais l'argumentation d'Aso ne tient pas debout, car la sensibilité du gaïac est infiniment plus grande que celle du réactif ioduré ; il n'y a donc rien d'étonnant à ce que cette dernière réaction disparaisse avant l'autre.

[1] Chodat und Bach. L. c., XXV, 3944. Oxydationsfermente als peroxyderzeugende Körper, III.

[2] Aso. *Beihefte zum Bot. Centralblatt*, 15, 208 (1903) et, avec quelques modifications, *Bull. Coll. of Agric.* Tokyo, 5, 481 (1903).

D'autre part, par autolyse, il peut se former des principes qui, sans action sur le gaïac, forment, avec l'iode, des produits d'addition et masquent la réaction.

Aso, ayant remarqué que l'extraction par l'eau chaude des pousses de *Sagittaria sagittæfolia* donne un liquide qui produit tout aussi bien la réaction du gaïac que celle du iodure de potassium, il a supposé que cette action ne pouvait être due qu'à la présence de nitrite dans les pousses de *Sagittaria*. Il dit avoir, en effet, reconnu la présence de nitrites par le réactif de Griess.

Nous avons répété[1] ses expériences en nous servant des mêmes objets. Une faible ébullition ne détruit pas le principe oxydant, mais si on prolonge l'ébullition pendant 3-4 minutes le liquide perd complètement sa faculté de décomposer l'iodure de potassium.

Comme l'extrait aqueux des pousses de *Sagittaria* est coloré en rouge-brun, nous n'avons pu l'essayer au réactif de Griess. On peut décolorer le liquide par l'acétate basique de plomb. Il ne donne alors ni la réaction de Griess ni celle de l'iodure de potassium. L'extrait, très actif au début, perd, au bout de 24 heures, son action sur le gaïac et l'iodure de potassium, ce qui ne parle pas en faveur de la présence de nitrites.

Aso n'a pu constater dans les bulbes de ces mêmes plantes la présence de nitrites ; s'il avait employé notre méthode, consistant à toucher avec des sections fraîches des papiers imbibés d'émulsion de gaïac ou de réactif ioduré, il aurait constaté *qu'en l'absence de*

[1] Chodat et Bach. Untersuchungen, VII, Einiges über die chemische Natur der Oxydasen. l. c., XXXVII, 36, 1904.

nitrites ces organes possèdent cependant la propriété de décomposer l'iodure de potassium. Les mêmes régions périphériques qui donnent au papier gaïac un cercle bleu foncé, colorent en violet le papier ioduré et le papier imbibé de m.-phénylènediamine, en un bleu magnifique.

Les trois cercles sont identiques, ce qui parle en faveur d'une même localisation, d'un même principe oxydant.

Pour vérifier d'une manière définitive si l'action de l'oxydase doit être ramenée à la présence des nitrites, nous avons examiné une oxydase purifiée, presque complètement blanche, extraite par nous du *Lactarius vellereus*.

Nous avons dissout 0,03 d'oxydase dans 30 cc d'eau La moitié est inactivée par l'ébullition. Ces deux solutions sont traitées par les mêmes réactifs dans les mêmes conditions.

RÉACTIFS	Solution d'oxydase non bouillie	Solution d'oxydase bouillie
Emulsion de gaïac	Réaction immédiate, bleu foncé	Incolore
Iodure de potassium à l'amidon	Réaction après deux minutes, distinctement violette, puis devient peu à peu bleu foncé	Incolore après 24 heures
Diphénylamine dans l'acide sulfurique concentré	Incolore	Incolore
m-phénylènediamine dissout dans l'acide acétique très dilué	D'abord violet, puis d'un bleu magnifique	Comme le réactif
m-phénylènediamine en présence d'acide sulfurique d'après Griess	Comme le réactif	Comme le réactif
α naphthylamine-acide sulfanilique dans l'acide acétique dilué	Bleu-violet foncé	Faiblement jaune-orangé

Le fait que les liquides, chauffés ou non chauffés, n'ont pas donné les deux réactions de Griess, montre d'une manière indubitable que notre ferment est exempt de nitrite. Le principe actif de l'oxydase ne saurait donc être identique à l'acide nitreux.

On remarquera aussi la production d'une matière colorante bleue, à partir de la m-phénylènediamine en solution faiblement acétique. Il sera question de cette réaction plus loin.

La nature chimique des oxydases est encore parfaitement inconnue. Les meilleures préparations obtenues dans nos extractions ne donnent que des réactions à peine sensibles quant à la présence de corps albuminoïdes. Par contre elles contiennent des substances gommeuses. Il est donc douteux que les oxydases soient des albuminoïdes.

Nos observations ne cadrent donc pas avec l'idée qu'on se fait des oxydases animales. Spitzer[1] attribue aux ferments oxydants la nature de nucléoprotéïdes. Lui-même et beaucoup d'auteurs (Lœb en particulier) tirent de cette notion des conclusions très hasardées, quoique séduisantes, sur l'importance de la substance nucléaire dans les phénomènes d'oxydations cellulaires.

La nature du substratum auquel sont liés les ferments oxydants, dépend en majeure partie des matériaux extraits et du mode de préparation. Les ferments oxydants de Spitzer ont été extraits de solutions qui contenaient beaucoup de nucléoprotéides, tandis que les oxydases extraites par nous des champignons sont entraînées par des corps gommeux.

[1] Spitzer. *Pflügers Archiv*, 67, 615 (1897).

Il y a ici comme un phénomène de teinture par lequel des colloïdes de natures diverses retiennent, en vertu de forces moléculaires d'adhésion, un autre colloïde en fausse solution : le ferment.

De même qu'on ne saurait identifier le principe actif des substances radioactives avec le substratum inerte qui le retient (sulfate de baryum, chlorure de plomb, etc.) de même il serait téméraire d'identifier les ferments avec les substances inertes qui les entraînent dans la précipitation par l'alcool.

Autre chose est de dire des ferments oxydants qu'ils sont ou qu'ils fonctionnent comme des peroxydes, et de leur attribuer une nature chimique définie.

La comparaison des ferments oxydants, c'est-à-dire des oxydases avec les peroxydes du type du peroxyde d'hydrogène tel que l'éthylhydroperoxyde, ne peut être parfaite, car plusieurs réactions qui sont caractéristiques pour les oxydases ne le sont nullement pour les peroxydes ou peroxydes substitués.

Ainsi ni le peroxyde d'hydrogène ni le peroxyde d'éthyle ne bleuissent l'émulsion de gaïac fraîchement préparée. Le pyrogallol, si vivement oxydé par l'oxydase fraîche, reste inaltéré en présence de ces peroxydes.

Pour mettre en activité ces peroxydes il faut les combiner, les associer à des catalysateurs, à des accélérateurs de réactions.

On connaît toute une série de substances qui activent l'action du peroxyde d'hydrogène : sulfate ferreux, acide tungstique et acide molybdique, etc.

Schœnbein[1] est également le premier qui se soit occupé de ces catalyses. Il a montré que le sang (globules sanguins), le gluten, la mousse de platine, etc., activent non seulement l'eau oxygénée, mais également l'essence de thérébentine ozonisée, l'éther ozonisé, etc., au moyen desquels on peut oxyder le gaïac, décomposer l'iodure de potassium, transformer PbS en sulfate, décolorer l'indigo dissous dans l'acide sulfurique, etc.

« Aus den mitgetheilten Thatsachen geht als allgemeines Ergebniss hervor, dass der mit gewissen Materien vergesellschafter Sauerstoff obwohl er schon im thätigen Zustande sich befindet und deshalb ohne weitere Vermittlung manche Substanzen zu oxydiren vermag, gegen welche der gewöhnliche Sauerstoff gleichgultig sich verhält *noch stärker erregt*, d. h. zu einer rascheren Wirksamkeit *durch die Anwesenheit sehr verschiedenartiger Stoffe bestimmt wird.* »

Linossier[2] sans connaître, semble-il, le travail de Schœnbein, reprend les expériences de ce dernier et attribue à un ferment spécial, auquel il donne le nom de *peroxydase* la fonction de décomposer le peroxyde d'hydrogène ou d'autres peroxydes analogues. La peroxydase serait donc un corps capable de transporter sur la résine de gaïac l'oxygène de l'eau oxygénée ou de peroxydes analogues.

Pour nous, la peroxydase est un catalysateur, un

[1] Ueber chemische Berührungswirkungen, l. c.

[2] Linossier. Contribution à l'étude des ferments oxydants. *Compt. rend. Soc. Biolog.*, V, 373. (Cet auteur ne sépare pas, n'individualise pas cette propriété, car il attribue à la peroxydase celle de décomposer le peroxyde d'hydrogène. Il réunit donc sous ce nom la peroxydase et la catalase.)

accélérateur de réaction[1]. Nous avons étudié de plus près le ferment, après l'avoir extrait en quantité suffisante de la racine de raifort[2]. Nous avons réussi à préparer ainsi plus de 10 gr. d'un ferment parfaitement blanc et absolument soluble dans l'eau.

Ce ferment, complètement dépourvu d'oxydase, exempt de catalase, d'invertine, d'amylase et d'émulsine, donc physiologiquement pur, active non seulement le peroxyde d'hydrogène mais tous les peroxydes sur lesquels nous avons pu expérimenter.

On avait pendant longtemps considéré cette propriété de bleuir le gaïac en présence du peroxyde d'hydrogène comme une propriété générale des ferments.

Plus encore, on considérait que ces mêmes ferments avaient en outre le pouvoir de décomposer l'eau oxygénée en mettant de l'oxygène moléculaire en liberté.

En réalité ces différentes actions sont spécifiques et liées à des ferments individualisés; si la peroxydase ne décompose pas l'eau oxygénée en l'absence d'un corps oxydable, le peroxyde d'hydrogène, par contre, la détruit assez rapidement, ainsi que nous le montrerons plus loin.

[1] Ostwald, Bredig et leurs élèves — Höber. Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. Leipzig 1902.

[2] On laisse macérer deux kilos de racine de raifort broyée dans son suc pendant quelques heures pour permettre l'action diastatique de la myrosine; on fait ensuite macérer le tout dans l'alcool à 80° qui extrait les essences. Le liquide alcoolique coloré en rouge est décanté et le résidu de nouveau extrait par de l'alcool à 80°. On exprime, puis on extrait dans un percolateur au moyen de l'alcool à 40°. Ces solutions alcooliques à 40° (8 l.) sont concentrées dans le vide à 30°, on filtre et on précipite par l'alcool absolu aussi longtemps qu'il se fait encore un trouble. Le précipité blanc est dissout dans un peu d'eau et précipité de nouveau par l'alcool absolu puis séché dans le vide.

La peroxydase est beaucoup plus stable que l'oxydase. Le plus souvent, lorsqu'on essaie d'extraire l'oxydase des phanérogames, on n'obtient en fin de compte que la peroxydase. L'oxydase est altérée par l'ensemble des manipulations.

La peroxydase n'est d'ailleurs pas aussi sensible que d'autres ferments vis-à-vis de la chaleur[1]. Si l'on chauffe une solution de peroxydase pendant peu de temps, ses propriétés disparaissent, mais son activité réapparaît au bout de quelques heures, quoiqu'affaiblie[2].

Ce point avait été mis en évidence par Woods[3] dans son étude sur la peroxydase du tabac. Il semble donc qu'on soit ici en présence d'un zymogène qui est plus stable vis-à-vis de la chaleur que le ferment actif.

Nous n'avons pu encore déterminer la nature chimique de la peroxydase. L'une de celles que nous avons préparées donnait 6 % de cendres et ces dernières contenaient de l'alumine et du manganèse, mais pas de fer.

Les diverses peroxydases de phanérogames que nous avons étudiées se comportent comme celle du *Cochlearia armoracia*.

Ayant pu préparer une quantité suffisante de peroxydase du raifort, nous avons étudié la réaction qu'elle accélère en présence du peroxyde d'hydrogène.

Nous avons choisi comme substance oxydable le Pyrogallol pour plusieurs raisons. La première, c'est que le produit d'oxydation, la purpurogalline, se dépose

[1] Bach et Chodat. Untersuchungen, *l. c.*, XXXVI, 601, IV, Ueber Peroxydase.

[2] Linossier, *l. c.*

[3] Woods. Mosaic disease, U. S. Dep. of Agric., n° 18.

facilement et est presque insoluble dans l'eau. Il était donc avantageux que le produit s'éliminant, n'eût pas d'action sur le ferment.

La seconde, c'est que cette substance a été également utilisée par Bertrand dans ses recherches classiques sur l'action des oxydases.

Il s'agissait d'établir le rapport qui existerait entre les deux facteurs de la réaction en fonction du produit obtenu.

Cette recherche n'avait pas seulement un intérêt spécial, mais se rattachait à la théorie générale des diastases.

En effet, lorsqu'on fait agir une quantité donnée de ferment sur une substance à dédoubler, cette réaction se fait en milieu aqueux qui intervient dans la réaction, la plupart des actions de ferments étant des hydrolyses. L'eau étant nécessairement en excès, on ne peut suivre son action durant l'hydrolyse; on peut tout au plus calculer la quantité d'eau qui, en fin de compte, a été fixée par le corps hydrolysé. Mais il est impossible de se rendre compte des relations qui interviennent entre le ferment, le catalysateur et l'eau. Il faut remarquer que dans les catalyses qu'on appelle fermentations, il s'agit presque toujours d'une activation de l'eau. La plupart des hydrolyses se feraient, mais lentement, par la seule action de l'eau (théorie des catalyses d'Ostwald). Le ferment intervient pour accélérer cette réaction de l'eau. On oublie le plus souvent ce caractère des fermentations par hydrolyse. Ce qu'il s'agit donc de déterminer pour avoir une image nette de la réaction, c'est le lien qui unit le ferment, le catalysateur, à l'eau qui devient active.

Si l'on en excepte les catalyses du type réalisé par la catalose et le ferment alcoolique sur lesquelles on est encore peu renseigné, les autres fermentations se laissent grouper en deux catégories.

La première, dans laquelle l'oxygène des peroxydes est activé par le ferment : les fermentations oxydasiques.

La seconde, dans laquelle l'eau est activée par le ferment : les fermentations hydrolytiques.

Dans le cas de l'oxydation qui nous occupe, on peut déterminer à volonté *les deux facteurs de la réaction en fonction du produit obtenu.* C'est la première fois qu'il est possible de suivre d'aussi près une réaction de ferment.

Dans 35 cc. d'eau, nous avons dissous 1 gr. de pyrogallol. Dans une première série, nous maintenons constante la quantité de peroxyde d'hydrogène, mais nous faisons varier les quantités de peroxydase.

	Pyrogallol	H_2O_2[1]	Peroxydase	Purpurogalline
I	1 gr.	10 cc.	0,01	0,021 mgr.
II	»	»	0,02	0,042
III	»	»	0,03	0,066
IV	»	»	0,04	0,083
V	»	»	0,05	0,102
VI	»	»	0,06	0,123
VII	»	»	0,07	0,145
VIII	»	»	0,08	0,166
IX	»	»	0,09	0,167
X	»	»	0,10	0,162

La réaction se fait très rapidement, la purpurogalline se dépose, au bout de 14 heures on la recueille sur un filtre pesé, on lave par 100 cc. d'eau distillée, on dessèche à l'étuve et on pèse.

[1] Solution à 1 %.

Si, dans les mêmes conditions, on maintient constante la teneur en peroxydase en faisant varier la quantité de peroxyde, on obtient les résultats suivants :

Pyrogallol	H_2O_2	Peroxydase	Purpurogalline obtenue
1 gr.	1 cc.	0,10	0,0205
»	2	»	0,042
»	3	»	0,060
»	4	»	0,078
»	5	»	0,099
»	6	»	0,121
»	7	»	0,142
»	8	»	0,168
»	9	»	0,168
»	10	»	0,163

On voit par ces chiffres que le produit augmente en rapport direct avec la quantité de peroxydase, si l'eau oxygénée reste constante, en rapport direct avec la quantité d'eau oxygénée si la quantité de peroxydase se maintient à 0,10 ctgr. Mais il faut remarquer qu'à partir d'un moment, qui est celui où la quantité de purpurogalline atteint 0,16, une nouvelle addition de peroxydase ou d'eau oxygénée n'augmente plus le rendement.

Pour un gramme de pyrogallol, en se servant du système peroxydase-peroxyde, nous ne pouvons obtenir plus de 0,168 gr. de gallopurpurine.

Si maintenant nous examinons dans la première série les filtrats I, II, ... VI, nous verrons que chez tous il reste de l'eau oxygénée non utilisée. Il nous suffira d'ajouter au filtrat qui se maintiendrait limpide une nouvelle quantité de peroxydase pour voir se continuer la réaction.

Mais à partir du moment où le maximum de rende-

ment est obtenu (VIII), on ne peut plus mettre en évidence dans le filtrat un excès de peroxyde d'hydrogène.

Si, d'une manière analogue, nous examinons le filtrat de la seconde série de I-VII, nous trouvons aussi qu'une nouvelle addition d'H_2O_2 fait naître un nouveau précipité. Cela n'a plus lieu à partir du moment où le maximum est obtenu.

Il résulte dès lors que 0.08 gr. de notre peroxydase active 8 cc. de peroxyde d'hydrogène à 1 %. Et comme les quantités de purpurogalline obtenues sont proportionnelles aux quantités des variables, on est forcé d'interpréter ces constatations de la manière suivante :

La peroxydase et le peroxyde d'hydrogène réagissent en proportions définies en un système qui est semblable à une combinaison chimique. La quantité du produit d'oxydation est proportionnelle à celle du système peroxydase-peroxyde jusqu'à une certaine limite.

Pour montrer que cette limite dépend de la quantité de pyrogallol, nous avons fait les expériences suivantes :

Pyrogallol	H_2O_2	Peroxydase	Purpurogalline
1 gr.	10 cc	0,10	0,166
2 gr.	10 cc	0,10	0,203
3 gr.	10 cc	0,10	0,205

Ainsi, lorsque la quantité de pyrogallol augmente, le système peroxydase-peroxyde (10 cc et 0,10) qui, en présence de 1 gr. de pyrogallol, n'arrivait à produire que 0,168 de purpurogalline, en précipite 0.205 mais ne dépasse pas cette quantité si on augmente encore la dose du produit à oxyder.

Si maintenant nous doublons la dose du système peroxydase-peroxyde

Pyrogallol	H_2O_2	Peroxydase	Purpurogalline
4 gr.	20 cc	0,20 gr.	0,401

nous verrons la quantité de purpurogalline doubler également.

Il faut remarquer que c'est un fait purement accidentel si, dans nos expériences, à 0,10 de peroxydase correspondent 10 cc. d'eau oxygénée à 1 °/₀. En employant une peroxydase d'une autre origine et autrement préparée, les proportions des éléments du système changent.

Avant même d'avoir démontré l'existence d'un système défini comme celui que nous venons de décrire, nous avions émis l'hypothèse que les oxydases sont des systèmes, peroxydase-peroxyde[1]. Nous avions proposé le nom d'oxygénases pour les peroxydes ferments qu'on trouve dans les végétaux et les animaux.

Bertrand[2] avait trouvé que, par la précipitation fractionnée par l'alcool on pouvait dédoubler la laccase en une portion plus pauvre en manganèse, moins oxydante, et en une portion plus riche en manganèse et plus oxydante.

Aso avait proposé, cinq ans plus tard, cette méthode de la précipitation fractionnée par l'alcool pour séparer l'oxydase de la peroxydase. En effet on sait que la peroxydase est soluble dans l'alcool à 40 °/₀.

[1] R. Chodat et A. Bach, Untersuchungen, *l. c.*, XXXVI, 607, V. Zerlegung der sogenannten Oxydasen in Oxygenasen und Peroxydasen.

[2] Bertrand, *Comptes rendus*, 124, 1356 [1897].

Nous avons montré[1], contrairement à Lœw[2], que quoique la peroxydase contienne du manganèse, elle n'a en elle-même aucune action oxydante. Il est difficile de concilier cette constatation avec la théorie de Bertrand sur le rôle du manganèse dans l'oxydation produite par les oxydases.

C'est pourquoi la question suivante se posait à nous. Les oxydases sont-elles des diastases spécifiques ou sont-elles des mélanges de corps susceptibles de fixer de l'oxygène (substances capables de former des peroxydes) et de peroxydases.

Lorsqu'on essaie d'extraire les oxydases des phanérogames, on voit que très rapidement la fonction oxydasique disparaît, mais que le peroxydase non seulement persiste, mais apparaît plus nettement.

Nous avions également observé qu'en ce qui concerne la réaction du gaïac et celle du pyrogallol, les peroxydases activent les oxydases et les peroxydes d'une manière analogue.

Nous avons soumis dans des expériences préliminaires une solution d'oxydase de *Lactarius vellereus* à une précipitation fractionnée par l'alcool.

On obtient finalement ainsi deux fractions, dont l'une n'a plus qu'une faible action oxydante, l'autre ne possède aucune propriété oxydante. La première, presque insoluble dans l'alcool à 40 °/₀, se laissait activer par des peroxydases d'origine variée. L'autre, soluble dans l'alcool, active nos oxydases affaiblies et même, mais faiblement, l'eau oxygénée.

[1] Bach et Chodat, Unters., *l. c.*, XXXVI, 605.
[2] Lœw, *Bericht. d. d. chem. Ges.*, 35, 2487 [1902].

C'est à cette portion faiblement oxydante qui nous paraît fonctionner principalement comme récepteur d'oxygène (amorce d'oxygène[1]) en ce qu'elle fixe l'oxygène moléculaire pour former un peroxyde que nous avons donné le nom d'oxygénase, tandis que l'autre portion conserve le nom de peroxydase.

Dans ces recherches, il nous a paru que la peroxydase extraite de *Russula fœtens* et de *Lactarius vellereus* active mieux les oxygénases de champignons que ne le font les peroxydases de *Cucurbita Pepo* ou de *Cochlearia armoracia*.

Voci le résumé de ces expériences[2] préliminaires.

1 gr. Pyrogallol	Oxygène absorbé	CO_2 dégagé
15 ccm. d'une solution de peroxydase de cochlearia, plus.....	0,5 ccm.	0,1
15 cc. d'une solution de peroxydase de Lactarius.....	0,2	0,1
0,05 oxygénase de Lactarius L.....	3,1	1,1
0,05 oxygénase de Lactarius plus 15 cc. peroxydase de Cochlearia.....	9,9	5,9
0,05 oxygénase, 0,15 cc. de peroxydase de Lactarius.....	11,0	6,8
0,05 oxygénase (II) d'une autre extraction	1,2	0,4
0,05 oxygénase (II) plus 15 cc. de sol. de peroxydase de Cochlearia.....	12,4	3,6
0,05 oxygénase (II), plus 15 ccm. peroxydase de Lactarius.....	15,8	5,1

On sait que dans ses expériences Bertrand a montré que non seulement dans l'oxydation du pyrogallol il y a absorption d'oxygène par l'intermédiaire de l'oxydase, mais qu'il y a également mise en liberté de CO_2.

[1] Sauerstoffträgen de Schœnbein.

[2] Chodat et Bach, Untersuch, v, *l. c.*, XXXVI, 608.

Ces observations et le fait que la réaction oxydase disparaît si rapidement dans les extraits végétaux des plantes supérieures, tandis que la réaction des peroxydases se maintient inaltérée, s'explique en admettant que les oxygénases sont des peroxydes plus ou moins stables selon la nature du radical qui est lié au groupe caractéristique des peroxydes —O—O—. Les oxygénases peu stables, ou celles qui se décomposent facilement en présence de l'eau en formant du peroxyde d'hydrogène, sont immédiatement utilisées durant la respiration oxydasique et ne peuvent être décelées, tandis que les peroxydases, dont la stabilité a été reconnue par plusieurs auteurs et par nous-mêmes peuvent toujours être mises en évidence au moyen du peroxyde d'hydrogène.

Il a été dit plus haut que Lœw n'admettait pas la possibilité de la formation de peroxydes dans l'économie du végétal à cause de leur toxicité. Nous avons montré plus haut que cette toxicité, en ce qui concerne le peroxyde d'hydrogène, n'est pas considérable, puisqu'on arrive à faire végéter jusqu'à la production de conidies, le *Sterigmatocystis nigra* dans des solutions dont le titre est maintenu constant, contenant 0,68 % de peroxyde d'hydrogène. Il est intéressant à ce sujet de constater que souvent les auteurs sont peu logiques. Lœw, qui fait état de la toxicité du peroxyde d'hydrogène, n'applique pas ce raisonnement à la théorie dont il est un des plus chauds partisans, celle de l'assimilation du carbone par un stade formaldéhyde.

On sait cependant que ce corps est excessivement toxique. Cette théorie qui, sous une forme ou une autre,

est la plus généralement acceptée et défendue par Lœw suppose que, au fur et à mesure de son apparition, le formaldéhyde est condensé en sucre.

De même dans notre théorie, il faut supposer que les portions de plasma ou les ferments qui fonctionnent comme substances transitoirement peroxydées, sont au fur et à mesure utilisées dans le phénomène de respiration.

Lœw en outre fait valoir que, s'il se formait dans l'organisme vivant du peroxyde d'hydrogène ou un peroxyde, ces corps actifs seraient immédiatement détruits par le ferment auquel il a très heureusement donné le nom de *catalase*, après avoir montré son individualité.

C'est ce qui nous a engagés à étudier quelques-unes des propriétés de ce nouveau ferment[1] en rapport avec notre théorie des peroxydes-oxydases.

La catalase est l'un des ferments les plus répandus et les plus actifs. Presque toutes les plantes que nous avons étudiées contenaient, à côté de la peroxydase, des quantités considérables de catalase.

Il semblerait qu'il dût exister entre ces deux ferments un antagonisme, car le premier active le peroxyde d'hydrogène et le second le décompose rapidement avec mise en liberté d'oxygène moléculaire inerte.

Nous avons tout d'abord essayé l'action de la catalase vis-à-vis des peroxydes substitués. Car on ne connaissait que l'action énergique de ce ferment sur le peroxyde d'hydrogène, ce qui ne permettait pas de déduire son action sur les peroxydes substitués.

[1] Bach et Chodat, Untersuchungen V, *l. c.*, XXXVI, 1756, Ueber Katalase.

La catalase extraite du *Sterigmatocystis nigra*, champignon qui supporte jusqu'à 2 % d'H_2O_2 était physiologiquement pure au point de vue qui nous intéressait. Elle n'avait aucune action oxydante ni réductrice.

Pour examiner son action sur les peroxydes substitués, nous avons utilisé l'éthylhydroperoxyde $C_2H_5O.OH$. La solution de ce corps contenait de l'alcool, une trace d'acide acétique, mais pas d'eau oxygénée. L'absence de ce dernier corps était prouvée par le fait que cette solution ne donnait pas la moindre coloration jaune en présence de l'acide sulfotitanique.

30 ccm d'une solution de 2,47 % d'éthylhydroperoxyde exactement neutralisés ont été introduits avec 0,01 gr. de catalase, dans un appareil qui permet de mesurer l'oxygène dégagé.

La catalase employée aurait dégagé d'une solution de peroxyde d'hydrogène qui aurait contenu la même quantité d'oxygène actif, 120 ccm. d'oxygène au bout de peu de minutes.

La solution d'éthylhydroperoxyde ne fournit, même après un temps prolongé et en agitant fréquemment, aucun dégagement de gaz. Nous avons répété cette expérience avec des catalases d'origine différente, mais toujours avec le même résultat.

Nous avons même ajouté à une solution de 30 ccm. d'éthylhydroperoxyde, 2 gr. de poudre sèche de *Sterigmatocystis*, quantité suffisante pour dégager d'un volume suffisant d'eau oxygénée des litres d'oxygène, et cependant cette quantité ne peut mettre en liberté aucune bulle de gaz.

On peut donc bien conclure de ces expériences que la catalase n'est pas capable de décomposer l'éthylhy-

droperoxyde avec dégagement d'oxygène. Il est permis d'appliquer ces résultats aux autres peroxydes du même type.

En effet, l'oxygénase, que nous pouvons considérer comme un peroxyde d'hydrogène monosubstitué, n'est en aucune façon attaquée par la catalase. Nous nous en sommes assurés par des déterminations quantitatives.

Mais comme l'oxygénase n'absorbe l'oxygène que lentement et seulement quand elle est en présence d'un corps oxydable, nous ne pouvions espérer dégager par la catalase l'oxygène de l'oxygénase.

C'est pour cette raison que nous avons choisi la méthode suivante.

Nous avons cherché à oxyder le pyrogallol par un système peroxydase-oxygénase en présence et en l'absence de catalase.

1 gr. de pyrogallol dans 30 ccm. d'eau additionné de 0,01 d'oxygénase de *Lactarius* et de 0,01 gr. de peroxydase pure de raifort ont été mis en expérience avec A (0,01 gr.) ou sans (B) catalase.

	Oxyène absorbé	
	A (avec catalase)	B (sans catalase)
5 h.	6,2	6,2
10 h.	9,4	9,8
24 h.	14,8	14,8
48 h.	18,6	18,7

La présence de la catalase n'a donc aucune influence sur la fonction oxydante de l'oxydase. Nous nous sommes demandé si le résultat serait autre si nous avions employé des mélanges de peroxydase et d'hydroper-

oxyde, car l'eau oxygénée est décomposée par la catalase rapidement avec mise en liberté d'oxygène inerte. Mais nos expériences qualitatives nous ont montré que la catalase est sans effet appréciable sur le système peroxydase-hydroperoxyde. Des essais colorimétriques en présence de la teinture de gaïac, du pyrogallol et de l'aniline, avec ou sans catalase, n'ont mis en évidence aucune différence de couleur.

De récentes expériences quantitatives inédites ont confirmé ce fait que la catalase, en présence d'un système peroxydase-hydroperoxyde, ne diminue pas la quantité de purpurogalline qu'il peut fournir.

Il faut employer pour ces réactions une catalase aussi pure que possible, pour éviter l'action troublante de substances réductrices qui altèrent les colorations.

Il résulte de cet ensemble de recherches que le peroxydase et la catalase peuvent fonctionner simultanément, par conséquent coexister dans le plasma. D'autre part la catalase n'a aucune action sur les peroxydes substitués (oxygénases).

Quant à ce qui concerne l'eau oxygénée lorsqu'on la met en présence de la peroxydase et de la catalase, il semble que seule la portion de peroxyde qui n'est pas utilisée dans l'oxydation, soit décomposée par le ferment catalase.

Enfin il faut faire bonne justice de la prétention de Pozzi-Escot[1], d'après laquelle la propriété de décomposer l'eau oxygénée serait une propriété des réductases[2] qu'il identifie avec la catalase de Lœw. Ayant

[1] Pozzi-Escot, *Comptes rendus*, 134, 81; *Bull. Soc. chim.*, 28, 282.

[2] L'existence même du Philotion ou Hydrogénase ou Réductase

examiné la catalase du tabac déjà étudiée par Lœw, il a cru trouver que non seulement ce ferment a la propriété assignée par Lœw, mais en plus qu'il peut réduire le soufre en hydrogène sulfuré.

Il était *a priori* incompréhensible comment une réductase (si tant est qu'il en existe) qui dégagerait de l'hydrogène à l'état naissant, pourrait décomposer l'eau oxygénée avec mise en liberté d'oxygène; en effet, chacun sait que les corps qui dégagent de l'hydrogène combinent cet élément avec l'oxygène actif du peroxyde d'hydrogène en formant de l'eau.

Néanmoins nous avons fait l'expérience suivante : On a mis dans un vase fermé 0,02 gr. de catalase dans 10 cc. d'eau, 0,5 gr. de fleur de soufre et 1 cc. de toluène.

On a suspendu au bouchon un papier imbibé d'acétate de plomb.

Après 48 heures, le papier au plomb était resté intact.

La solution séparée du soufre par filtration décomposait activement l'eau oxygénée. L'addition de toluène (antiseptique) n'avait donc pas altéré l'activité de la catalase.

Il en a été de même des catalases d'origine animale, qui sont particulièrement actives.

On ne saurait donc identifier la catalase avec les réductases, si tant est que ces dernières existent. La cata-

est très douteuse. Voir au sujet de la propriété de réduire le soufre, les recherches de Hüffner et Haussmann, Wirkung des Schwefels auf Eiweisskörpen, in *Beiträge zur chem. Physiolog. und Pathologie*, 1904, 213 et ss.

lase n'a d'ailleurs, d'après nos recherches, aucune propriété oxydante[1].

En résumé, on connaît actuellement deux classes de corps qui interviennent dans les oxydations biologiques.

Peroxydes du type $\begin{matrix} H—O \\ | \\ H—O \end{matrix}$ dans lequel H_2 peut être remplacé totalement ou en partie par un radical inorganique ou organique $R\begin{matrix} \diagup O \\ | \\ \diagdown O \end{matrix}$. Nous avons nommé *oxygénases* les peroxydes de ce type susceptibles de présenter les caractères d'un ferment (destruction par la chaleur, inhibition par les poisons, précipitation par l'alcool).

Peroxydases, catalysateurs, accélérateurs de réactions, soit ferments qui ont comme effet d'activer les peroxydes de la même manière que les ferments hydrolytiques activent l'eau dans les actions de dédoublement dont ils sont susceptibles.

La catalase n'est pas un ferment oxydant proprement dit. Ce n'est en effet ni un peroxyde du type des oxygénases, ni un ferment activant l'oxygène libre ou des combinaisons. Sa seule fonction connue est de décomposer le peroxyde d'hydrogène.

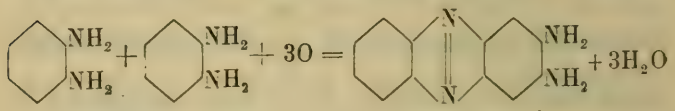
Jusqu'à présent on n'a réussi à oxyder au moyen des oxydases ou des systèmes oxydasiques, peroxyde-hydroperoxyde, que l'H des hydroxyles, des phénols, des aldéhydes, des amines aromatiques ou de l'acide iodhydrique.

Le produit de ces oxydations est variable selon les corps attaqués.

[1] Voir également la confirmation de nos recherches par Hüffner et Haussmann, *l. c.*, p. 221.

Il y a formation d'eau et mise en liberté d'iode dans le cas de l'acide iodhydrique; production de quinone dans le cas de l'oxydation de l'hydroquinone; condensation avec élimination d'anhydride carbonique dans l'oxydation du pyrogallol en purpurogalline.

Dans le cas de l'oxydation de l'o-phénylène-diamine il y a simple condensation d'après la formule suivante :



Orthophénylènediamine Diaminophénazine

Cette réaction est intéressante, car elle nous permet de saisir exactement le rôle et la quantité d'oxygène qui entre en réaction. Elle se fait tout aussi bien sinon mieux en se servant de la peroxydase et du peroxyde d'hydrogène que du chlorure ferrique, oxydant utilisé par M. le Dr Ullmann[1].

M. Bertrand a récemment[2] étudié également un cas analogue en ce qui concerne le gaïacol.

$$4C_6H_4.OH.OCH^3 + O^2 = (C^6H^3.O.OCH^3)^4 + 2H_2O.$$

Le résultat de ces oxydations peut donc être excessivement variable selon les corps attaqués et leur constitution. Il est à remarquer que des oxydations ménagées peuvent aussi avoir pour effet la destruction partielle ou totale de combinaisons avec élimination d'eau ou d'anhydride carbonique, mais tout aussi souvent aboutir à la synthèse de corps très complexes, à de véritables condensations.

[1] Ullmann, *Ber der D. chem, Gesellschaft*, 1902, p. 4302.

[2] Bertrand, G. Action de la Laccase sur le Gaïacol. *Ann. de l'Institut Pasteur*, 1904, p. 118.

Il n'est pas impossible que plus d'une condensation dans l'économie de la cellule ait pour cause des oxydations de cette catégorie (condensation des polysaccharides, alcaloïdes, etc.)

Beaucoup de substances qui abondent dans les végétaux sont vivement oxydées par ces agents. Ainsi l'arbutine, l'esculine, le tannin.

Le noircissement des fausses baies de *Juniperus communis* est dû à l'action de ferments oxydants ainsi qu'il a été démontré dans notre laboratoire par M. le Dr Lendner[1]. Nous avons nous-même étudié le noircissement des baies du *Viburnum Lantana* dont le tannin est rapidement oxydé par les ferments oxydants.

Les oxydations tanniques si répandues dans le règne végétal, écorces, tissus âgés se trouvent ainsi naturellement expliquées[2].

Quel est le rôle des oxydases dans le phénomène de la respiration? Sur ce point, l'opinion des auteurs diverge. Les uns ne veulent voir dans cette combustion qu'un simple phénomène chimique; pour les autres il s'agit d'un phénomène *sui generis* éminemment vital.

Les oxydations qui se font durant le chimisme respiratoire sont complexes et variées. Une rapide revue des combustions opérées par les microorganismes montre qu'il y a à ce sujet une remarquable spécificité.

L'oxydation de l'alcool par les bactéries acétiques, celle de l'alcool poussée plus loin avec élémination d'acide carbonique par le *Mycoderma vini*, les fermen-

[1] Lendner, A. Sur la maturation des fruits du Juniperus communis. *Annales de Pharmacologie*, 1903.

[2] Voir au sujet des maladies oxydasiques, Woods, Mosaïque, *l. c.*, et Chod. et Bach, Compte rendu des séances de la Soc. bot. de Genève, *Bull. Herb. Boissier*, 1903, p. 75.

tations oxaliques, la combustion directe ou indirecte des sucres après hydrolyse, tout montre qu'il ne peut s'agir d'un phénomène de combustion dû à un agent unique. Il existe sans doute bien des oxydases spécifiques activées par des peroxydases. Sans doute dans le protoplasma, ce complexe si étonnant, certaines parties fonctionnent comme peroxydes spéciaux que l'analyse ne peut mettre en évidence vu leur instabilité.

D'ailleurs la formation de peroxydes est, d'après toutes les données de la chimie moderne, une phase inévitable de toute oxydation spontanée.

La cellule doit donc s'adapter à ce facteur, elle le fait en développant des ferments qui lui permettent d'utiliser ces peroxydes et éventuellement de les rendre inoffensifs.

Ce qui montre bien que les phénomènes de combustion qui aboutissent chez les plantes supérieures à l'élimination de l'anhydride carbonique et à la formation de l'eau sont d'ordre chimique, c'est la courbe de respiration en fonction de la température. On n'a jusqu'à présent pas reconnu d'optimum dans la fonction respiratoire. Elle s'exprime par une ligne droite et ne cesse de s'élever qu'à la limite de température mortelle pour les ferments oxydants qui président à ces combustions.

Le problème consiste maintenant à extraire de la cellule vivante ces oxydases de la respiration normale et à oxyder *in vitro* les réserves qui sont directement ou indirectement brûlées pendant le procès de respiration.

Institut de botanique, Genève, avril 1904.

SUR LE

Chlordinitrotoluène $C^6H^2CH^3ClNO^2NO^2$ 1. 3. 4. 6

ET SUR

UN NOUVEAU CHLORTRINITROTOLUÈNE

PAR

Frédéric REVERDIN, Auguste DRESEL et Ernest DELÉTRA

En nitrant le *m*-chlortoluène à la température ordinaire au moyen d'un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique, l'un de nous et Crépieux, avons obtenu le chlordinitrotoluène 1. 3. 4. 6. Dans le but de caractériser d'une manière plus complète ce produit que nous avons décrit précédemment[1], nous en avons depuis préparé les dérivés suivants :

L'*oxyphényl-dinitrotolylamine* décrite dans le mémoire cité a été acétylée par M. Brooke. Le dérivé acétylé $C^6H^4(OC^2H^3O)_4.NH.C^6H^2.CH^3_{3'}.(NO^2)_{2\,4'6'}$ cristallise dans l'acétone en longues et belles aiguilles jaune clair ou dans le benzène en feuillets rouge-brun. F. 146-147°.

0,1824 gr. Sbst. 21cc.4 N (21°,725mm).
$C^{15}H^{13}O^6N^3$. Calculé N 12.69. Trouvé N 12.72.

Ce composé soumis en solution acétique à l'action du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique dans

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.* 1900, t. X, p. 364.

les conditions indiquées précédemment[1] pour l'acétoxydinitrodiphénylamine, donne un dérivé chloré, qui se purifie difficilement par cristallisation dans l'acétone étendue d'alcool, ainsi que dans le benzène et la ligroïne, pour fondre à 128° et qui est très probablement constitué par la monochlor (2) -acétoxy (4) -phényldinitrotolylamine.

En chlorant directement l'oxyphénydinitrotolylamine, on obtient, selon toutes probabilités, suivant les proportions de chlorate et d'acide chlorhydrique employées, un dérivé hydroxylé dichloré ou un dérivé dichloré quinonique correspondant. Ces composés sont analogues à ceux qui se forment au moyen de l'oxydinitrodiphénylamine.

En condensant le chlordinitrotoluène avec le chloraminophénol $C^6H^3OHClNH^2$ 1. 2. 4 en solution alcoolique et en présence d'acétate de soude, nous avons obtenu l'*oxymonochlorphényl-dinitrotolylamine* $\underset{4}{C^6H^4}\underset{3}{OH}.Cl.NHC^6H^2CH^3\underset{3'}{(NO^2)}\underset{4'6'}{_2}$ qui se présente sous la forme d'aiguilles prismatiques rouge-jaune, F. 176°, facilement solubles dans l'alcool, l'acétone, le chloroforme, le benzène, l'éther et l'acide acétique cristallisable, difficilement solubles dans la ligroïne et dans l'eau.

0.1698 gr. Sbst. 19cc.9 N (14°, 718mm).
$C^{13}H^{10}O^5ClN^3$. Calculé N 12 98. Trouvé N 13.01.

L'*oxydichlorphényldinitrotolylamine* $\underset{4.3.5}{C^6H^2OHCl^2}NH$ $C^6H^2CH^3\underset{3'}{(NO^2)}\underset{4'6'}{_2}$ préparée en partant du dichloramino-

[1] *Idem*, 1903, t. XVI, p. 257.

phénol correspondant est en feuillets prismatiques, jaune verdâtre, F. 230°. Elle possède les mêmes solubilités que le composé précédent.

0.1513 gr. Sbst. 16cc.2 N (14°, 718mm).
$C^{13}H^9O^5Cl^2N^3$. Calculé N 11.73. Trouvé N 11.89

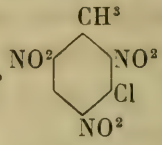
La *méthoxyphényldinitrotolylamine* $C^6H^4OCH^3.NH$ (4) $C^6H^2CH^3(NO^2)_2$ (3′ 4′ 6′) preparée en partant de la *p*-anisidine cristallise sous deux modifications. Elle se dépose d'un mélange d'acétone et d'alcool sous la forme de prismes brillants, rouge brique, et de l'alcool seul en aiguilles feutrées brillantes et jaune d'or qui se transforment immédiatement dans la modification rouge lorsqu'on les chauffe et peu à peu lorsqu'on les abandonne à la température ordinaire ; F. 139°. Ce composé est assez soluble dans la ligroïne, très facilement dans l'acétone, l'alcool, etc.

0.1516 gr. Sbst. 19cc.1 N (17°, 718mm).
$C^{14}H^{13}O^5N^3$. Calculé N 13.86. Trouvé N 13.79.

La *p-aminophényldinitrotolylamine* $C^6H^4NH^2.NH$ (4) $C^6H^2CH^3(NO^2)_2$ (3′ 4′ 6′), obtenue au moyen de la *p*-phénylène-diamine, cristallise dans l'acétone étendue d'eau en aiguilles rouge pourpre, peu solubles dans la ligroïne, facilement solubles dans les autres dissolvants, F. 166°.

0.1638 gr. Sbst. 28cc.6 N (14°, 722mm).
$C^{13}H^{12}O^4N^4$. Calculé N 19.44. Trouvé N 19.50.

Lorsqu'on soumet de nouveau le chlordinitrotoluène à l'action d'un mélange d'acide sulfurique à 66° Be et

nitrique à 46°,8 B^e en chauffant entre 150° et 175°, il se forme le *chlortrinitrotoluène* 

qui cristallise dans l'acide acétique étendu ou dans le mélange de benzène et de ligroïne en longues aiguilles blanches et dans l'acétone étendue d'eau en paillettes; F. 148°,5.

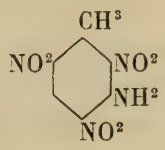
On peut plus avantageusement préparer ce dérivé en chauffant directement le *m*-chlortoluène au réfrigérant ascendant à une légère ébullition, soit vers 160° pendant deux heures environ avec trois parties d'acide sulfurique à 66° B^e et trois parties d'acide nitrique à 49°.4 B^e.

0.1610 gr. Sbst. 22^cc.8 N (13°, 725^mm).
$C^7H^4O^6N^3Cl$. Calculé N 16.06. Trouvé N 15.96.

Le chlortrinitrotoluène en question est facilement soluble dans l'acide acétique, le benzène, l'acétone et le chloroforme, peu soluble dans l'alcool, l'éther et la ligroïne. Il cristallise très facilement dans l'acide acétique étendu, l'acétone étendue, le benzène et le chloroforme. La solution alcoolique additionnée d'ammoniaque ou de soude se colore immédiatement en bleu foncé, passant rapidement au brun jaune en présence d'un excès des réactifs. Dans les mêmes conditions, la solution alcoolique du chlordinitrotoluène additionnée à chaud d'ammoniaque, se colore légèrement en bleu vert qui persiste en présence d'un excès. L'addition de soude détermine une coloration immédiate bleu foncé passant rapidement au brun rouge en présence d'un excès.

Le chlortrinitrotoluène possède bien la constitution

indiquée ci-dessus, car il fournit, lorsqu'on le chauffe légèrement avec de l'alcool ammoniacal, la *trinitrotoluidine*[1], F. 136°, correspondant à la formule



Comme on peut le prévoir d'après la formule de constitution de ce nouveau chlortrinitrotoluène, l'atome de chlore qu'il renferme est mobile, aussi obtient-on facilement des produits de condensation avec les amines.

En le condensant avec l'aniline en solution alcoolique et en présence d'acétate de soude, nous avons obtenu une *phényl-2' 4' 6' - trinitrotolylamine* $C^6H^5.NH.C^6H.\underset{(3')}{CH^3}(\underset{2'4'6'}{NO^2})_3$. Ce dérivé cristallise dans l'acétone étendue en large feuillets dorés, en forme de losanges, F. à 150°; il est soluble dans l'acide acétique, l'alcool et le benzène, très soluble dans l'acétone et le chloroforme, peu soluble dans l'éther, très peu soluble dans la ligroïne. Il cristallise facilement dans l'acide acétique, l'alcool ou l'acétone étendus.

0.1498 gr. Sbst. 23cc 6 N (13°, 720mm).
$C^{13}H^{10}O^6N^4$. Calculé N 17.61. Trouvé N 17.63.

Le dérivé correspondant de la *p*-toluidine, la *4-tolyl-2' 4' 6' trinitrotolylamine* $C^6H^4\underset{4}{CH^3}NH\,C^6H.\underset{3'}{CH^3}(\underset{2'4'6'}{NO^2})_3$,

[1] *D. chem. Ges.*, 15 (1882), p. 1864, et *Liebig's Ann.* 259, p. 222.

est en fines aiguilles rouge jaunâtre, F. 127°. Il cristallise facilement dans l'acide acétique ou l'acétone étendue et possède les mêmes solubilités que le précédent.

0.1258 gr. Sbst. 19cc.6 N (16°, 715mm).
$C^{14}H^{12}O^{6}N^{4}$. Calculé N 16.86. Trouvé N 17.07.

La *4-oxyphényl-2' 4' 6' trinitrotolylamine* $C^{6}H^{4}OH_{4}NHC^{6}HCH^{3}_{3'}(NO^{2})_{2'4'6'}$, préparée en partant du *p*-aminophénol cristallise dans l'alcool ou dans l'acide acétique en écailles brunes. F. 207°. Elle est facilement soluble dans l'acide acétique, soluble dans l'alcool et l'acétone, peu soluble dans l'éther et le chloroforme, presque insoluble dans la ligroïne.

0.1347 gr. Sbst. 20cc.4 N (19°, 730mm).
$C^{13}H^{10}O^{7}N^{4}$. Calculé N 16.76. Trouvé N 16.71.

La *4-aminophényl 2' 4' 6' trinitrotolylamine* $C^{6}H^{4}NH^{2}_{4}.NHC^{6}HCH^{3}_{3'}(NO^{2})^{3}_{2'4'6'}$ obtenue en partant de la *p*-phénylènediamine cristallise dans l'acétone étendue d'eau en paillettes rouge foncé. F. 198°.5. Elle est facilement soluble dans l'acétone et l'acide acétique, assez soluble dans le benzène et l'alcool, peu soluble dans la ligroïne et l'eau.

0.1401 gr. Sbst. 26cc.8 N (13° 718mm)
$C^{13}H^{11}O^{6}N^{5}$. Calculé N 21.02. Trouvé N 21.34.

SUR
L'ARC VOLTAIQUE TRIPHASÉ

PAR

Paul-L. MERCANTON

Ingénieur [1]

On peut à bon droit s'étonner que parmi tant de recherches scientifiques et techniques, il n'en ait pas, jusqu'à l'an dernier, été consacré à l'application à l'arc des propriétés spéciales des courants polyphasés.

A ma connaissance, les travaux tout à fait indépendants et presque simultanés de la Société Edison italienne, à Milan [2], de M. Richard Flemming [3], à Swampscott, U. S. A. et le mien, datant tous de 1903, sont les seuls publiés jusqu'à présent. Ils se rapportent tous trois à l'arc voltaïque triphasé, l'emploi du courant diphasé ne faisant pas espérer d'avantages sérieux.

Pour ma part, j'ai réalisé, dès avril 1903, un arc triphasé au moyen de trois charbons identiques reliés respectivement aux trois phases d'un circuit triphasé, suivant le mode de connexion dit « en triangle ».

Il résulte d'un tel groupement que l'arc triphasé

[1] Voir aussi *Eclairage électrique*, 31 janvier 1904.
[2] *Electricien*, 28 mars 1903.
[3] *Electricien*, 10 octobre 1903.

doit être considéré comme formé de trois arcs monophasés concomitants, brillant et s'éteignant chacun à leur tour entre chaque paire de charbon, et cela de telle sorte qu'il y ait à chaque instant au moins deux arcs en activité.

Il est légitime dès lors de penser qu'un tel caractère lui confèrera sur l'arc alternatif monophasé les avantages suivants : grande intensité lumineuse pour un minimum d'encombrement, possibilité d'un abaissement sensible de la fréquence nécessaire du courant, enfin et surtout augmentation très notable du rendement lumineux.

C'est ce que de nombreux essais et mesures m'ont permis de démontrer.

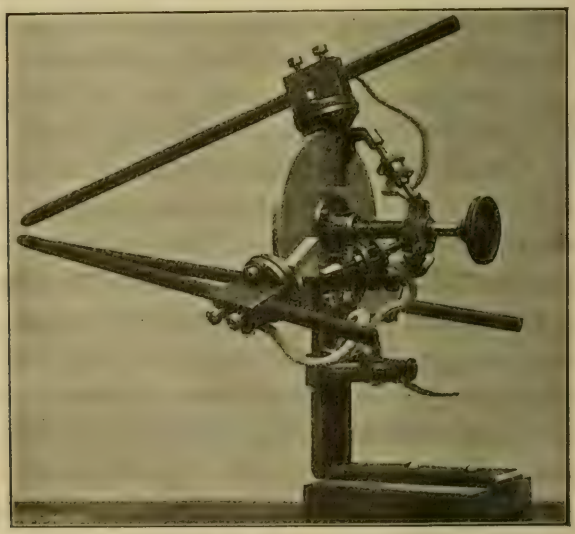


Fig. 1.

La fig. 1 représente le dispositif réglable à la main,

avec lequel ils ont été faits. Les charbons sont supportés par trois porte-charbons pivotants, à charnières, en trois points équidistants d'une platine circulaire fixe, formant la base de la pyramide triangulaire dont les charbons représentent les trois arêtes. Ce pivotement règle la longueur des arcs par l'écartement des extrémités des charbons. Il est commandé par le jeu de trois bielles rattachées à un écrou commun se déplaçant à volonté le long d'une vis prolongeant en arrière l'axe de la pyramide, quand on fait tourner la vis à la main.

Pour faciliter la mise en contact initiale exacte des charbons, les pinces qui les tiennent peuvent pivoter sur les porte-charbons dont elles sont isolées par des rondelles d'ébonite.

Enfin, pour parer au déréglage occasionnel de l'arc par usure inégale des charbons, les bielles sont elles-mêmes en deux parties reliées par un écrou à double pas de vis, ce qui permet de les allonger ou de les raccourcir, et par conséquent d'agir sur chaque charbon individuellement.

Laissant de côté la description des méthodes et instruments utilisés, qui d'ailleurs ne présentent rien que de connu, je me bornerai à un exposé rapide des résultats obtenus.

Je me suis servi de charbons de 8^{mm} de diamètre, de deux sortes différentes, des charbons à mèche ordinaires de l'A. E. G., et de ces charbons spéciaux « à effet » blancs et jaunes que cette société fabrique pour ses lampes-flamme intensives. Je n'ai pas réussi à faire fonctionner l'arc triphasé entre charbons homogènes ; sous les tensions utilisées leur substance ne fournit

apparemment pas assez de matières volatilisées pour nourrir l'arc.

Aspect de l'arc.

La fig. 2 représente assez bien l'aspect de l'arc vu de face dans l'axe de la lampe.

Fig. 2.

Les extrémités des charbons, dans le même plan vertical, apparaissent comme trois points extrêmement brillants ; lorsqu'il est fait usage de charbons imprégnés, une buée lumineuse due à l'arc lui-même les baigne en outre.

L'intensité lumineuse, suivant l'axe de la lampe, s'est élevée parfois jusqu'à 8000 bougies Hefner (Normalkerze). L'angle des charbons a varié de 30 à 50° sans que l'aspect de l'arc changeât sensiblement. Leur écartement était assez grand et j'ai pu sans recourir à des tensions inusitées maintenir l'arc entre des charbons distants de 18^{mm} (à l'air libre).

Effet de la fréquence.

La fréquence minimum qui ait permis le maintien de l'arc entre charbons à mèche ordinaires, a été de 17 périodes par seconde. A cette fréquence, l'arc monophasé ne saurait tenir, comme il m'a été aisé de le faire voir en écartant vivement un des charbons; l'arc s'éteignait aussitôt entre les deux autres.

Avec 38,5 et 51 périodes, l'arc était tout à fait tranquille.

Rendement lumineux.

J'ai determiné l'intensité lumineuse en m'aidant d'un verre jaune, pour différentes directions du rayon lumineux faisant les angles α avec l'axe de la lampe, et dans le plan horizontal qui contient cet axe.

Les extrémités des charbons étaient ainsi dans un même plan vertical.

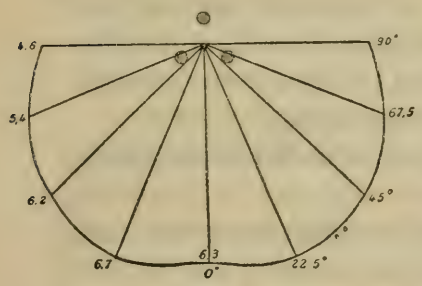


Fig. 3.

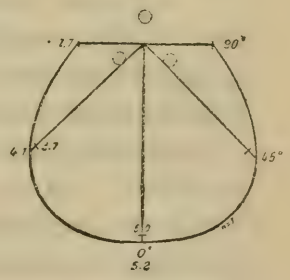


Fig. 4.

Les fig. 3 et 4 traduisent graphiquement les résultats des mesures consignées aux tableaux I, II et III, les indications numériques de droite exprimant les valeurs d'α, celles de gauche les intensités lumineuses correspondantes par watt dépensé.

Ces tableaux donnent les moyennes de séries nombreuses et la grandeur la plus importante, la consommation spécifique en watts par bougie Hefner, est la moyenne des valeurs calculées pour chaque observation.

Tableau I

Charbons à effet jaunes : longueur 290 mm. ; diamètre 8 mm.
Volts : 37-38, tension composée.
Ampères : 20 environ par phase.
Fréquence : 38,5 périodes par seconde,

Angle	Bougies (Hefner)	Watts totaux	Watts p' bougie (H)	Bougies par watt
0°	6 920	1 107	0,160	6,30
22°,5	7 810	1 170	0,150	6,67
45°	7 150	1 158	0,162	6,17
67°,5	6 090	1 120	0,184	5,40
90°	5 670	1 230	0,217	4,60

L'arc triphasé a donc un rendement lumineux supérieur à l'arc monophasé, pour les mêmes charbons. (Lampe-flamme intensive A. E. G., mêmes charbons, 0,24 watts par bougie en moyenne).

Toutefois la différence en faveur du nouveau système est faible.

Elle est, en revanche, bien plus importante quand l'arc triphasé jaillit entre des charbons à mèche ordinaires.

Tableaux II et III

Charbons à mèche ordinaires : longueur 220 mm. ; diamètre 8 mm.
Volts : 51 en moyenne.
Ampères : 15-17 par phase.
Fréquence : 51 périodes par seconde en moyenne.

Angle	Bougies (Hefner)	Watts totaux	Watts par bougie	Bougies par watt
		II		
0°	7 360	1 470	0,200	5,0
45°	5 210	1 393	0,268	3,7
90°	2 317	1 418	0,598	1,67
		III		
0°	7 310	1 407	0,192	5,2
45°	5 620	1 370	0,244	4,1
90°	2 400	1 392	0,580	1,7

On voit que dans un cône de plus de 90° d'ouverture la dépense spécifique est inférieure de beaucoup à celle d'une lampe monophasée (0,8 watt par bougie environ). En outre le minimum atteint pour $\alpha = 90°$ est imputable en bonne partie au fait que dans cette direction-là l'un des charbons inférieurs masque l'autre, ce qui ne serait pas le cas dans tous les plans passant par l'axe de la lampe.

Dans cette direction défavorable, la dépense spécifique n'atteint cependant pas 0,6 watts par bougie.

L'arc triphasé justifie donc les prévisions favorables qu'on pouvait concevoir. La pratique montrera si ses avantages sont assez nets pour lui donner droit de cité dans l'éclairage électrique industriel, malgré le supplément de frais qu'impose la nécessité d'une ligne à trois fils et d'un transformateur triphasé. Cela dépendra, je crois, essentiellement de la création d'un régulateur à la fois sûr, simple et d'un prix raisonnable.

La difficulté de trouver un mécanisme répondant à ces desiderata et capable d'effectuer le réglage global et individuel des charbons, me semble, à l'heure actu-

elle, l'obstacle le plus sérieux à vaincre. Peut-être le problème est-il en réalité plus facile à résoudre qu'il n'y paraît.

Quoi qu'il en soit l'arc triphasé se recommande d'ores et déjà partout où le réglage à la main est praticable, dans la technique des projections lumineuses tout particulièrement.

Laboratoire d'électricité industrielle de l'Université.
Lausanne, le 31 mars 1904.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

septembre, octobre et novembre 1903.

(AUTOMNE 1903.)

OBSERVATIONS DIVERSES

Septembre 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 8, 9, 10 et 16 à Dailly ; les 9, 10, 13, 14, 15, 16, 18 et 25 à l'Aiguille.

Neige sur le sol le 14 à l'Aiguille.

Octobre 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 2, 23, 29, 30 et 31 à Dailly ; les 2, 9, 10, 17, 19, 23, 24, 29, 30 et 31 à l'Aiguille.

Neige sur le sol le 31 à Dailly ; les 18, 19, 24, 30 et 31 à l'Aiguille.

Fœhn : le 15 à Savatan et dans les nuits des 25 au 26, 26 au 27, 27 au 28 à Lavey et à Savatan ; les 27 et 28 à Dailly.

Orage : dans la nuit du 12 au 13.

MOIS DE SEPTEMBRE 1903

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	709.2	664.6	+20.5	+19.1	59	47	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
2	707.0	662.8	21.7	19.4	**48**	50	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	707.9	663.6	21.1	18.3	53	54	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
4	706.6	663.0	21.7	**19.8**	54	50	4	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
5	706.7	663.3	**21.9**	19.3	53	55	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	705.9	662.3	20.9	19.2	58	56	1	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	706.6	662.2	19.0	16.1	59	64	6	6	3	....	....	....	....	....	....	....	....
8	707.5	663.4	16.9	13.0	84	90	8	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
9	706.0	660.8	17.1	13.2	71	93	6	7	7	0.4	....	0.3	....	0.4	....	0.4	....
10	703.4	658.3	13.3	9.6	73	75	4	6	5	1 4	....	1.9	....	1.2	....	1.6	....
11	**696.1**	650.7	11.6	9.5	62	57	9	9	10	2.0	....	1.4	....	1.4	....	0.8	....
12	697.0	651.7	11.5	6.7	60	76	6	5	8	0.8	....	1.2	....	1.8	....	0.9	....
13	696.3	**650.6**	8.1	4.0	**96**	99	10	10	10	**21.9**	....	**21.4**	....	**23.9**	....	**20.6**	1
14	702.0	655.2	8.0	**2.3**	85	100	10	9	10	0.8	....	1.0	....	2.6	....	3.2	....
15	704.0	657.3	7.3	2.9	67	86	10	9	10	0.3	....	0.4	....	1.2	....	0.9	....
16	705.9	658.8	**6.5**	**2.3**	79	97	10	9	10	0.5	....	0.6	....	1.6	....	1.7	....
17	708.9	662.2	8.7	4.3	71	89	9	7	10	0.1	....	....	....	0.2	....	....	....
18	706.3	659.6	8.7	5.2	75	82	9	9	9	0.1	....	....	....	....	....	....	....
19	703.7	658.0	11.0	9.3	74	64	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
20	704.7	659.4	12.3	11.1	69	54	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	703.7	659.0	14.5	9.4	66	**45**	5	4	7	....	....	....	....	....	....	....	....
22	706.5	661.1	13.5	9.7	77	61	9	7	9	2.1	....	2.4	....	2.6	....	2.2	....
23	710.4	664.6	15.1	9.2	77	89	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
24	710.4	665.3	15.1	9.5	74	69	2	2	1	0.1	....	....	....	....	....	....	....
25	**711.1**	**665.5**	15.1	11.3	76	84	9	8	8	0.1	....	....	....	....	....	....	....
26	710.4	664.5	14.9	11.9	72	77	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
27	706.7	661.5	14.9	11.9	67	76	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
28	704.9	660.0	15.2	12.1	65	71	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
29	705.1	660.3	15.6	13.5	61	60	3	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
30	707.1	661.6	+16.4	+13.6	55	56	2	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
MOIS	705.60	660.37	+14.60	+11.22	68	71	4.6	4.5	4.6	30.6		30.6		36.9		32.3	1

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	707.29	706.35	706.41	706.68	663.01	662.40	661.83	662.41
2me » ...	702.05	702.29	703.09	702.48	656.00	656.49	656.58	656.36
3me » ...	707.69	707.42	707.81	707.64	662.34	662.31	662.37	662.34
Mois..	705.68	705.36	705.77	705.60	660.45	660.40	660.26	660.37

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+17.00	+22.18	+19.02	+19.40	+16.1	+23.9
2me » ...	7.86	11.12	9.12	9.37	6.7	12.5
3me » ...	12.92	17.42	14.78	15.04	11.8	19.1
Mois..	12.59	16.91	14.31	14.60	11.5	18.5
	Dailly					
1re décade...	+14.53	+18.99	+16.55	+16.69	+13.4	+20.6
2me » ...	4.66	6.93	5.68	5.76	3.0	8.3
3me » ...	9.91	11.99	11.75	11.22	9.4	15.4
Mois..	9.70	12.64	11.33	11.22	8.6	14.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	66	58	60	61	67	61	62	63
2me » ...	79	69	73	74	79	82	79	80
3me » ...	70	66	71	69	73	65	69	69
Mois..	72	64	68	68	73	69	70	71

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	2.7	3.0	3.5	3.1	3.1	4.0	2.8	3.3	2.3	3.2	2.4	2.6
2me » ...	6.8	7.5	7.7	7.3	6.9	8.0	6.1	7.0	7.3	7.7	7.8	7.6
3me » ...	3.7	3.8	2.8	3.4	3.8	4.1	1.8	3.2	4.1	4.0	2.8	3.6
Mois..	4.4	4.8	4.6	4.6	4.6	5.4	3.6	4.5	4.6	5.0	4.3	4.6

MOIS D'OCTOBRE 1903

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromét. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavoy		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavoy	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	° °	° °				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	705.1	660.0	+16.1	+13.3	71	67	5	4	5	8.8	....	9.3	....	11 3	....	13.4	....
2	705.3	659.7	10.7	8.5	84	97	7	7	7	5.0	....	4.5	....	4.2	....	3.6	....
3	705.7	660.4	12.4	10.2	67	60	9	9	9	....	....	0.2	....	0.4	....	0 6	....
4	706.3	660.4	14.8	11.1	68	82	6	6	5	....	....	....	....	....	....	....	....
5	706.5	661.2	15.5	11.0	68	65	4	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
6	**707.3**	**662.3**	**17.3**	**16.3**	50	47	4	5	5	....	....	....	....	....	....	....	....
7	705.9	661.3	16.0	15.2	46	**35**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	701.9	657.5	16.9	14.9	46	43	0	0	0	10.0	....	8.1	....	10.5	....	9.8	....
9	701.5	656.1	10.0	7.5	91	76	7	9	8	9.0	....	8.1	....	10.2	....	7.2	....
10	702.1	656.1	6.1	3.5	76	76	6	8	7	1.5	...	1.8	....	2.1	....	2.0	....
11	700 6	654.3	8.1	5.9	63	69	5	4	3	....	....	....	....	1.1	....	1.0	....
12	694.6	649.8	12.3	11.2	63	61	10	10	10	**33.0**	....	**35 9**	....	**37.0**	....	19.5	....
13	702.2	656.1	10.5	7.1	76	77	6	7	9	0.3	....	....	....	....	....	....	....
14	705.7	659.0	11.4	8.2	63	72	0	0	1	....	....	....	...	0.2	....	....	....
15	704.1	657.6	12.3	9.1	67	70	10	8	9	12.6	....	12.2	....	15.3	....	14.4	....
16	704.1	658.5	10.9	10.1	81	62	7	6	6	16.5	....	16.6	....	14.4	....	14.0	....
17	702.1	655.9	5.8	3.0	81	66	8	7	9	7.5	....	7.4	....	3.0	....	6.5	6
18	704.9	657.5	4.5	1.0	93	96	10	10	10	2.0	....	2.5	....	2.5	....	2.0	....
19	705.8	658.4	5.5	2.1	74	82	4	4	4	....	....	....	....	....	...	....	....
20	705.1	659.0	8.3	4.6	53	53	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	703.6	657.5	8.1	9.3	60	44	5	2	4	2.6	....	4.0	....	5.4	....	1.2	....
22	702.2	656.2	8.1	4.9	87	87	7	7	7	5.5	....	5.1	....	7.3	....	7.5	....
23	698.8	653.2	6.0	3.1	**99**	91	10	10	10	13.2	....	13.6	....	12.4	....	8.9	2
24	703.4	656.1	5.9	2.3	74	73	5	6	5	....	....	0.1	....	....	....	0.1	....
25	701.6	656.3	9.5	7.2	44	39	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	699.2	653.3	10.1	8.2	62	43	6	6	3	....	....	....	....	....	....	....	....
27	696.6	650.5	13.4	9.0	**41**	49	5	4	2	....	....	....	....	....	...	....	....
28	**693.5**	**648.8**	12.9	10.9	53	48	8	7	7	0.3	....	0.2	....	0.6	....	0.2	....
29	696.8	650.3	7.7	4.1	**99**	98	10	10	10	20.2	....	19.7	....	29.2	....	**33.2**	1
30	701.4	654.6	**4.1**	**0.8**	97	100	10	10	10	19.9	....	19.2	....	23.7	....	16.5	**11**
31	704.1	656.9	4.3	1.5	89	98	9	8	10	0.1	....	....	....	0.1	....	....	....
mois	702.54	656.61	+10.19	+ 7.69	70	69	6.0	5.8	5.8	168.0		168.8		190.9		161.6	23

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	m	mm.	mm.	mm.	mm
1re décade...	704.87	704.68	704.79	704.78	659.73	659.20	659.59	659.51
2me » ...	703.09	702.58	703.27	702.98	656.63	656.75	656.49	656.62
3me » ...	699.96	699.92	700.43	700.10	653.98	653.86	654.05	653 96
Mois..	702.55	702.31	702.75	702.54	656.69	656.51	656.62	656.61

Température.

	Savatan					
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+11.96	+15.94	+12.84	+13.58	+10.2	+18.2
2me » ...	7.48	11.42	7.98	8.96	5.3	12.5
3me » ...	6.64	9.89	8.13	8.22	5.5	11.6
Mois..	8.63	12.34	9.60	10.19	7.0	14.0
	Dailly					
1re décade...	+ 9.75	+13.31	+11.31	+11.46	+ 8.2	+15.0
2me » ...	4.59	8.37	5.81	6.26	2.8	9.9
3me » ...	4.35	7.57	4.79	5.57	2.5	9.6
Mois..	6.17	9.68	7.22	7.69	4.4	11.1

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	69	66	65	67	67	61	67	65
2me » ...	76	60	78	71	72	66	74	71
3me » ...	73	72	74	73	69	69	72	71
Mois..	72	66	72	70	69	65	71	69

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	5.4	5.8	3.6	4.9	5.5	5.8	4.1	5.1	5.3	5.3	4.1	4.9
2me » ...	6.0	5.6	6.2	5.9	5.7	5.3	6.1	5.7	6.2	5.3	6.8	6.1
3me » ...	6.9	6.6	7.2	6.9	7.3	6.4	5.6	6.4	6.7	5 9	6.3	6.3
Mois .	6.1	6.0	5.7	6.0	6.2	5.8	5.3	5.8	6.1	5.8	5.7	5.8

MOIS DE NOVEMBRE 1903

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	706.0	658.8	+ 6.0	+ 3.3	79	89	5	6	3	5.8	....	5.9	....	6.3	....	5.9	....
2	707.6	660.5	6.2	6.1	96	79	8	8	1	....	....	....	....	....	....	....	....
3	708.5	661.4	6.7	6.9	89	53	3	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	708.2	661.3	5.9	4.7	87	72	5	4	0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	709.8	662.4	5.1	2.3	88	85	9	10	3	....	....	....	....	....	....	....	....
6	711.7	664.3	4.6	3.9	86	62	2	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	711.5	663.9	4.4	3.0	84	65	2	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	711.2	663.8	4.1	5.4	77	44	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	709.4	662.3	3.5	5.8	58	**40**	3	5	1	....	....	....	....	....	....	....	....
10	708.9	662.1	**7.1**	4.8	65	67	9	9	9	....	....	....	....	0.2	....	....	....
11	710.1	662.6	5.5	2.6	88	75	7	7	8	2.5	....	2.4	....	3.4	....	8.6	....
12	711.2	663.5	5.3	3.0	77	57	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
13	709.5	662.7	5.5	6.4	63	52	1	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
14	705.4	659.1	6.2	6.8	76	53	5	2	0	0.1	....	....	....	....	....	....	....
15	701.8	655.3	5.5	3.8	81	70	9	8	9	0.9	....	1.3	....	1.1	....	0.7	1
16	698.3	652.3	+ 5.0	+ 1.8	**98**	93	10	7	10	**17.5**	....	**14.5**	**5**	**12.0**	10	9.5	**16**
17	698.6	651.2	- 0.2	- 2.6	97	100	10	10	10	5.4	....	5.8	1	11.4	**11**	**9.9**	5
18	698.4	650.6	+ 0.6	- 3.5	87	100	10	9	9	0.1	....	....	....	0.9	1	0.6	....
19	698.7	651.1	0.1	- **3.8**	78	97	9	6	7	....	....	....	....	0.1	....	0.4	....
20	702.9	654.8	0.6	- 3.0	87	95	10	9	10	1.8	....	2.4	2	3.4	9	3.0	7
21	702.7	655.4	1.1	+ 0.9	**98**	76	10	9	10	6.0	...	6.7	....	8.0	1	6.9	6
22	709.2	661.7	3.2	- 0.7	61	70	10	9	10	0.1	....	0.1	....	0.1	....	....	....
23	**713.6**	**666.8**	5.3	+ 4.1	63	60	1	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	711.3	664.7	6.9	**7.3**	**49**	41	2	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
25	707.5	660.1	4.0	+ 1.5	86	82	10	10	10	7.3	...	5.6	....	9.7	1	5.6	2
26	707.4	659.7	1.6	- 1.8	67	68	8	10	9	4.1	....	3.0	....	3.9	7	7.0	10
27	704.2	657.3	1.3	- 1.0	91	81	8	9	7	2.8	....	3.6	....	2.7	..	1.0	....
28	688.6	642.8	0.9	- 0.9	97	99	9	10	9	7.6	...	8.0	....	6.4	.. 7	7.2	6
29	681.6	635.7	+ 0.1	- 3.5	63	75	5	5	7	....	....	....	....	....	....	....	....
30	**679.1**	**632.7**	**- 1.5**	- 3.5	68	69	3	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	701.42	657.37	+ 3.69	+ 2.01	80	72	6.1	6.1	5.1	62.0		59.3	8	69.6	47	66.3	53

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	709.12	708.99	709.76	709.29	662.09	661.94	662.21	662.08
2me » ...	703.67	703.27	703.50	703.48	656.48	656.25	656.27	656.33
3me » ...	700.59	700.62	700.30	700.50	653.72	653.72	653.66	653.70
Mois..	704.46	704.29	704.52	704.42	657.43	657.30	657.38	657.37

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+ 3.54	+ 7.28	+ 5.27	+ 5.36	+ 2.7	+ 8.8
2me » ...	2.54	4.70	2.98	3.41	2.0	5.5
3me » ...	1.60	3.48	1.84	2.31	0.4	4.4
Mois..	2.56	5.15	3.36	3.69	1.7	6.2
	Dailly					
1re décade...	+ 3.24	+ 7.19	+ 3.42	+ 4.62	+ 1.5	+ 8.2
2me » ...	+ 0.43	2.33	0.71	1.16	- 1.1	3.7
3me » ...	- 0.91	1.61	0.03	0.24	- 3.1	3.0
Mois..	+ 0.92	3.71	1.39	2.01	- 0.9	5.0

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	87	70	86	81	64	64	68	66
2me » ...	82	80	88	83	79	77	82	79
3me » ...	76	73	75	75	78	66	72	72
Mois..	81	74	83	80	74	69	74	72

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	3.0	3.4	7.5	4.6	3.3	4.1	7.7	5.0	1.3	0.9	3.3	1.8
2me » ...	6.6	7.6	7.1	7.1	6.9	6.5	5.6	6.3	6.0	6.9	6.3	6.4
3me » ...	5.8	6.8	7.2	6.6	7.5	7.2	6.5	7.1	7.5	7.2	6.2	7.0
Mois..	5.1	5.9	7.3	6.1	5.9	5.9	6.6	6.1	4.9	5.0	5.3	5.1

OBSERVATIONS DIVERSES (suite)

Novembre 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : le 25 à Savatan ; les 16, 17, 18 et 20 à Dailly ; les 17, 18, 19, 20, 21, 27 et 28 à l'Aiguille.

Neige sur le sol les 18 et 21 à Savatan ; le 1er et du 17 au 30 à Dailly ; le 1er et du 16 au 30 à l'Aiguille.

Remarque. Pendant ces trois mois d'automne, la pression atmosphérique de Dailly a été, de même que pendant les trois mois précédents, observée au bureau de l'intendance. Elle a été ramenée à la valeur qu'elle aurait eue si le baromètre avait été à son ancien emplacement du bureau de tir, par une correction moyenne de $+ 1^{mm}.2$.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 11 décembre 1903.

L. Isely. Leibniz et Bourguet. Correspondance scientifique. — R. Weber. Sur la baisse barométrique du 26 au 28 novembre 1903. Sur un baromètre à mercure multiplicateur.

M. L. Isely, prof. *Leibniz et Bourguet. Correspondance scientifique.* Ce furent des questions paléographiques qui mirent Leibniz et Bourguet en relation épistolaire. La première lettre de Bourguet, écrite en latin, est datée de Neuchâtel, le 7 juin 1709. Elle fut le point de départ d'une correspondance, échangée dès lors d'une manière très suivie entre ces deux savants. Cette correspondance, close par une missive de Leibniz du 2 juillet 1716, comprend en tout vingt-trois lettres, pour la plupart rédigées en français. Quatorze sont de Leibniz; elles ont paru en premier lieu dans l'édition que fit Louis Dutens des œuvres du géomètre et philosophe allemand : *Leibnizii opera omnia*, 6 vol. in-4°, Genève 1769. Celles de Bourguet ont été publiées par M. Gerhardt, dans le tome III des *Philosophische Schriften von G.-W. Leibniz*, d'après les originaux conservés à la bibliothèque de Hanovre.

La partie scientifique de cette correspondance traite des mathématiques et de l'histoire naturelle. Relevons-en les points essentiels. Le 3 mai 1715, Leibniz prouve par deux exemples typiques que, contrairement aux idées du comte Riccati et des géomètres italiens, la séparation des varia-

bles ne suffit pas toûjours pour réduire les équations différentielles aux quadratures. Le dernier alinéa de la même lettre, relatif à la convergence des séries, mérite une reproduction intégrale : « Je ne say, ainsi s'exprime Leibniz, si vous avez vû ce que j'ai remarqué sur la question si $1 - 1 + 1 - 1 + \ldots\ldots$ à l'infini est égal à $\frac{1}{2}$, comme le R. P. Grandi a avancé, et en quelque façon avec raison. Car $\frac{1}{1+x}$ est $1 - x + x^2 - x^3 + \ldots\ldots$, et lorsque la lettre x vaut 1, il vient $\frac{1}{1+1} = 1 - 1 + 1 - 1 + \ldots\ldots = \frac{1}{2}$. Cependant, il semble que c'est une absurdité manifeste. C'est dans les *Actes de Leipzig* que je crois avoir donné le dénouement de cette énigme de la science de l'infini. »

Leibniz connaissait la divergence de la série harmonique. Témoin ce passage de sa lettre du 3 avril 1716 : « Un infini, pour parler selon notre portée, peut être plus grand qu'un autre ; par exemple, la somme de cette série $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \ldots\ldots$ à l'infini est infinie et surpasse tout nombre assignable ; mais cependant, la somme de cette autre série $\frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \ldots\ldots$ à l'infini est infiniment plus grande que la précédente. »

Dans une lettre, écrite à Vienne le 22 mars 1714, Leibniz s'étend *con amore* sur l'art de conjecturer et parle avec admiration des travaux de Pascal, de Fermat, d'Huygens, de Hudde, de de Witt et de Jacques Bernoulli sur les probabilités. Il cite, à l'appui de sa thèse, les chances que présente le jet simultané de deux dés.

Chacun sait la polémique violente, parfois acerbe, qui s'engagea entre Newton et Leibniz, et leurs disciples respectifs, à propos de l'invention du calcul différentiel. Bourguet, dans une lettre adressée de Venise au mois d'octobre 1715, prend carrément le parti du second. « Je n'ai rien à

dire sur le sujet des Mathématiciens anglois, que je crois qu'ils ont tort dans le procez qu'ils vous ont intenté. Je sais de bonne part que M. Newton en est ravi. Il fait voir une de vos lettres, qu'on prétend être décisive en sa faveur. Je soubçonne que vôtre modestie extrême aura causé ce malentendu. »

Dans la partie de sa correspondance consacrée aux sciences naturelles, Leibniz parle de l'élevage des vers à soie, de la loi de continuité dans le règne de la nature, et principalement des recherches de Leuwenhœk sur les spermatozoïdes, que le savant hollandais croyait être des animaux.

M. R. Weber, prof., présente deux communications, l'une sur *la baisse barométrique du 26 au 28 novembre 1903*, l'autre sur *un baromètre à mercure multiplicateur*.

Séance du 8 janvier 1904.

L. Isely. Leibniz et Bourguet. Correspondance philosophique. — H. Spinner. Les symbioses végétales. — H. Schardt. Sur des gisements anormaux du terrain crétacique.

M. L. Isely, prof. *Leibniz et Bourguet. Correspondance philosophique.*

Comme on le sait, la première édition de l'ouvrage qui caractérise la philosophie leibnizienne, celle de l'optimisme, parut à Amsterdam en 1710, sous le titre complet d'*Essais de Théodicée, concernant la bonté de Dieu, la liberté de l'homme et l'origine du mal.* Le 20 octobre 1712 déjà, dans une lettre datée de Venise, Bourguet fait sommairement part à son auteur des doutes que certaines de ses thèses lui avaient suscités. Leibniz répond sans tarder, et de la manière la plus louangeuse. Peu satisfait, le 15 mai 1713, Bourguet revient à la charge, ce qui lui vaut deux nouvelles missives de son illustre ami. Dans la dernière, qui porte la date du 5 août 1715, Leibniz traite, en outre, de deux questions d'une égale importance, quoique d'ordres complètement différents : la gravitation et le commencement des êtres et des choses. L'immortel ouvrage de

Newton, connu communément sous le nom de *Livre des Principes*, venait peu de temps auparavant d'atteindre sa seconde édition. L'auteur de la préface, le jeune mais déjà célèbre Roger Cotes, prend Leibniz vivement à partie et le range bien à tort parmi les adversaires de la pesanteur. Celui-ci proteste avec énergie contre un pareil travestissement de sa pensée. « Nous accordons, dit-il entre autres, et nous soutenons que les grands globes de notre système sont attractifs entre eux; mais comme nous soutenons que cela ne peut arriver que d'une manière explicable, c'est-à-dire par une impulsion des corps plus subtils, nous ne pouvons point admettre que l'attraction est une propriété primitive essentielle à la matière... Je ne répondray point à des gens qui m'attaquent d'une manière grossière et désobligeante ! »

Quelques lignes plus loin, répondant à une question de son correspondant sur un premier instant fondamental, Leibniz confesse qu'il n'ose ni en affirmer ni en nier l'existence. « On peut, ainsi s'exprime-t-il, former deux hypothèses : l'une que la nature est tousjours également parfaite, l'autre qu'elle croît toujours en perfection. Si elle est tousjours également parfaite, mais variablement, il est plus vraisemblable qu'il n'y ait point de commencement. Mais si elle croissait tousjours en perfection, la chose se pourroit encor expliquer de deux façons, savoir par les ordonnées d'une Hyperbole (se rapprochant indéfiniment de son asymptote), ou par celles d'un Triangle. Suivant l'hypothèse de l'Hyperbole, il n'y auroit point de commencement, et les instants ou états du Monde seroient crûs en perfection depuis toute l'éternité; mais suivant l'hypothèse du Triangle, il y auroit eu un commencement. L'hypothèse de la perfection égale seroit celle d'un Rectangle..... »

Dans deux lettres, écrites au printemps de 1716, Leibniz parle incidemment de Jean-Pierre de Crousaz « qui a donné un bel ouvrage sur le Beau et fait connaître qu'il a de bonnes entrées, » et de Jean Barbeyrac « qui a commenté sur Puffendorf du Droit de Nature », tous deux pro-

fesseurs à Lausanne. Il ne se montre point tendre à l'endroit de ce dernier, qu'il accuse même de n'avoir rien compris à son Harmonie préétablie!

Par ce qui précède, on voit que la joute épistolaire de Leibniz et Bourguet, joute tout amicale, ne manque pas d'intérêt pour les sciences et les lettres romandes.

M. H. Spinner, prof., présente une communication sur *les symbioses végétales.*

M. H. Schardt, prof., rend compte de la situation étrange de plusieurs gisements anormaux du terrain crétacique.

Une poche remplie de marne rouge albienne existe dans le Hauterivien supérieur, aux Fahys, au-dessus de la ville de Neuchâtel. M. Rollier en a déjà signalé l'existence. M. Schardt vient de constater qu'au milieu de ces marnes rouges il y a des fragments de calcaire crayeux blanc jaunâtre, qu'il n'est pas difficile de reconnaître pour du calcaire rhotomagien (Cénomanien inférieur). La présence de *Schlœnbachia varians* et de *Acanthoceras Mantelli*, dont M. Schardt et deux de ses élèves ont trouvé plusieurs échantillons, le confirment. La situation de cette poche albienne est très analogue à celle que M. Rollier a décrite au Goldberg près de Bienne. Ici, il y a, outre les fossiles albiens, aussi des fossiles hauteriviens remaniés. Dans les deux cas la marne albienne contient des débris de calcaire hauterivien. Le tout est visiblement remanié. On ne peut donc pas songer à une sédimentation albienne sur place, la présence des fragments de calcaire cénomanien le controuve évidemment. L'aspect de ces deux gisements, puis le fait de la cassure de la tête des couches regardant la combe des Fahys, fait penser à des effondrements, ensuite d'érosions souterraines ou latérales. Ces remplissages seraient donc dus à des terrains ayant existé primitivement à la surface et qui seraient tombés dans des cavités creusées dans le Valangien dans le cas du Goldberg, dans le Hauterivien supérieur dans le cas des Fahys. Les empo-

sieux formés par effondrement peuvent amener des situations tout aussi étranges.

C'est à un effondrement très local de ce genre qu'il faut attribuer le gisement anormal de calcaire limoniteux du Valangien supérieur, dans le Valangien inférieur, décrit par M. Baumberger aux Sagneules près de Prêles. M. Schardt mentionne encore qu'en 1896, il a trouvé sur le bord de la combe d'Evouaz sur Champfromier (Ain), dans le remplissage d'une excavation peu profonde — emposieux bouché — creusée dans le Valangien inférieur, toute une faunule du Rhodanien. Il paraîtrait que les gisements de Cénomanien de Gibraltar, d'Auvernier, etc., existaient aussi dans des excavations. Pour le gisement du Franzosenweg, près Daucher, découvert par M. Baumberger[1], cela ne semble guère douteux. Ce lambeau est comme encastré dans le Valangien inférieur. Au bord de la route, et actuellement au-dessous de cet endroit, il y a une crevasse remplie d'un blocage de calcaire cénomanien dans le Valangien inférieur.

Séance du 22 janvier.

F. Conne et Dr Sandoz. La valeur de l'eau du lac de Neuchâtel pour l'alimentation. — H. Schardt. K.-A. von Zittel.

MM. F. Conne et le Dr G. Sandoz avaient été chargés, avec MM. Béraneck, prof., et Dind, ingénieur du service des eaux de Neuchâtel, d'étudier la possibilité d'utiliser l'eau du lac pour renforcer l'alimentation en eau potable d'une commune située au bord du lac de Neuchâtel. MM. Conne et Sandoz communiquent le résultat de cette étude.

M. Conne discute le résultat des analyses qui ont été faites des échantillons prélevés à 400 m. du rivage, à 25 et 30 m. au-dessous de la surface et toujours à 5 m. au-dessus du fond. Il en résulte que l'eau du lac est très douce; peut-être même paraîtrait-elle fade, à côté des

[1] *Mitteil. naturf. Gesellsch.* Bern, 1903.

eaux de source; sa composition chimique et bactériologique est absolument remarquable; en particulier, le nombre de bactéries qu'elle renferme, et qui varie de 5 à 22, ne dépasse pas celui qu'on trouve dans les meilleures sources des Gorges de l'Areuse; elle leur est égale, sinon supérieure en qualité.

M. le Dr Sandoz a eu l'occasion de visiter de nombreux captages d'eaux de source et de constater que bien souvent ils ont été établis irrationnellement; on a cherché à collecter toute l'eau disponible, sans s'inquiéter de la qualité; on n'a pris aucune précaution pour éviter les apports d'eaux superficielles. En comparant les résultats des analyses de ces eaux avec ceux des eaux du lac, on voit que celles-ci sont incontestablement meilleures. Elles sont aussi supérieures aux eaux de citerne, où l'on trouve presque toujours un dépôt vaseux provenant de curages insuffisants, qui est la cause de fermentations rendant l'eau répugnante.

Revenant aux eaux du lac, M. le Dr Sandoz résume brièvement les renseignements qui lui ont été fournis par les localités qui les utilisent pour l'alimentation. Zurich et St-Gall sont les seules villes qui boivent de l'eau filtrée; elles s'en trouvent très bien. Genève boit l'eau du lac Léman, Lausanne et Morges sont en partie alimentées par le lac de Bret! sans filtration préalable. Ces eaux sont chaudes en été, glacées en hiver, et sont parfois troubles; cela provient des mauvaises conditions d'établissement des prises d'eau, qui ont dû être placées trop près de la surface, et trop près du fond. Mais jamais ces eaux n'ont provoqué d'épidémies. Il a été prouvé que celles qui ont éclaté ont toujours été dues à des sources contaminées.

Dans le canton de Thurgovie, plusieurs localités boivent l'eau du lac brute depuis plusieurs années et en sont très satisfaites; cela provient de ce que l'eau a pu être prise dans de bonnes conditions (450-582 m. de distance du rivage, de 26 à 34 m. au-dessous de la surface, de 2 à 4 m. au-dessus du fond). Les renseignements fournis en particulier par M. le Dr Streckeisen, médecin de district à Romanshorn,

sont des plus intéressants; ceux qui nous sont parvenus sur Kreuzlingen et Münsterlingen sont très satisfaisants. A noter le fait que, dans cette dernière localité, l'hôpital cantonal est alimenté également sans inconvénients par l'eau du lac.

La ville de Neuchâtel n'a actuellement plus de sources en réserve dans les Gorges de l'Areuse; si ses besoins en eau potable augmentent, comme cela est le cas depuis 20 ans, comment y parer? MM. Conne et Sandoz estiment que tôt ou tard, il faudra s'adresser au lac. Ses autorités seraient bien inspirées en s'occupant dès maintenant de cette solution, dont la réalisation dépend des résultats d'un travail préliminaire long et minutieux : c'est la détermination de la zone d'influence des égoûts, que nous ne connaissons pas encore.

M. H. Schardt, prof., présente une *notice nécrologique sur K.-A. von Zittel*, décédé à Munich le 5 janvier dernier.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 27 janvier 1904.

L. Pelet. Constitution du fer et de l'acier. Diazoamidofuchsine. — B. Galli-Valerio. Etude sur les moustiques en 1903.

M. le prof. Pelet présente à la Société un résumé des *travaux sur le fer et l'acier* exécutés au cours des dernières années.

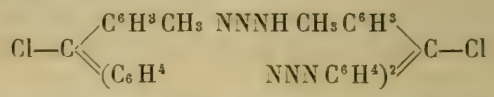
Il indique à grands traits les procédés de l'analyse micrographique qui ont rendu possible à Osmond la distinction des différents éléments des aciers : ferrite, perlite, martensite, cémentite.

La théorie de la constitution des aciers d'après Roberts Austen et B. Hakins-Roozeboom doit être déduite des lois régissant les solutions. L'acier pouvant être considéré comme une solution solide de carbone dans le fer.

M. le prof. Pelet expose le résultat des recherches qu'il a entreprises avec M. V. Redard, sur l'action de l'acide azoteux sur la fuchsine (chlorhydrate de triparaamido métatolyl diphényl carbhydride).

En faisant réagir trois molécules d'acide azoteux sur deux molécules de fuchsine, il se forme, ainsi que Græbe et Caro l'ont déjà remarqué, le chlorure de diazofuchsine, mais si l'on ajoute encore une molécule de fuchsine, cette der-

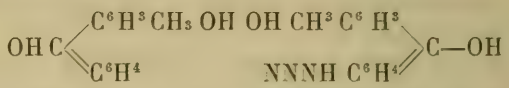
nière se copule au chlorure de diazofuchsine pour former le chlorure de diazoamidofuchsine.



La solution de ce corps traitée par le carbonate de sodium laisse déposer un produit brun, floconneux, insoluble dans l'eau, soluble dans la soude caustique.

Ce produit brun, afin de ne pas se décomposer, doit être séché à froid; chauffé avec l'eau, il se transforme rapidement en acide rosolique.

Nous avons supposé, au premier abord, que ce corps devait être la tridiazoaminorosaniline, mais en examinant attentivement la formation, on constate une perte en azote et l'analyse démontre que nous avions affaire à la didiazoaminorosaniline.



Revenant sur le dosage volumétrique de la fuchsine avec l'acide azoteux qu'il avait précédemment indiqué, M. Pelet, ayant constaté que ce procédé ne pourrait être exact que dans des conditions très limitées, il convient, étant donné la nature de la vitesse de la réaction de la fuchsine sur l'acide azoteux, d'abandonner ce procédé de dosage.

M. B. Galli-Valerio expose les résultats des nouvelles recherches qu'il a entreprises, avec la collaboration de Mme Rochaz, sur la *biologie des culicidés* en 1903. Ces recherches ont porté sur la résistance des œufs, des larves et des adultes aux différents agents physiques et chimiques; sur la vie des culicidés pendant l'hiver et sur une série de faits observés en campagne.

La communication a été complétée par un exposé de l'état actuel des recherches sur la fièvre jaune et sa transmission par les moustiques.

Séance du 3 février.

Th. Bieler. Déviation de cours d'eau dans les environs d'Yverdon. — F.-A. Forel. Sur les seiches.

M. Théodore Bieler. *Déviation de cours d'eau dans les environs d'Yverdon*[1].

Le ruisseau de la Brinaz fait au pont d'Essert un coude brusque à angle droit. Cette brusque déviation est surprenante, car :

1° Aucun obstacle n'empêcherait ce ruisseau de prolonger le premier tronçon rectiligne de son cours dans la direction du Mont-de-Chamblon, car le coude se produit dans une cuvette à peine creusée, presque une plaine.

2° Le prolongement rectiligne suivrait à la fois la *ligne de plus grande pente* et le chemin le plus court pour descendre au niveau de la plaine, le cours actuel suivant au contraire une ligne de *moindre pente* pour atteindre le lac.

Comme d'autre part la cuvette de Vernex-sous-Essert est drainée par un ruisselet qui semble être le vestige d'un ancien cours d'eau plus important, on est amené à penser que la Brinaz aurait bien pu autrefois passer par là, coulant *droit bas*, comme disent nos paysans.

Comment alors expliquer cette déviation ?

De simples caprices, des divagations du cours d'eau par alternances de crues et décrues paraissent insuffisantes à résoudre cette énigme, car ils pourraient aussi bien se produire aujourd'hui dans la direction primitive supposée.

Il n'y a point là d'obstacle, tel qu'une paroi de rocher ou une moraine, mais au contraire, un seuil peu élevé et largement ouvert.

Enfin le ruisseau s'est-il barré lui-même son cours par le dépôt de ses alluvions ? au point même de former un lac dont l'émissaire aurait pris une direction N.-E. Rien n'autorise à le croire.

[1] Atlas Siegfried, feuilles Grandson, Yverdon et Ste-Croix.

On sait maintenant que les coudes brusques des cours d'eau résultent souvent d'une *capture*. Un cours d'eau rongeant et approfondissant son lit à reculons, peut aller se souder à un voisin et le dévier complètement. On se représente aisément le cours inférieur de la Brinaz, comme séparé du cours supérieur, formant d'abord un Y, dont le ruisseau des Vernes (affluent actuel de la Brinaz) serait un des bras. Ce cours d'eau plus ou moins parallèle à celui de l'ancienne Brinaz aurait, par érosion régressive d'un des bras de l'Y, fini par capturer la Brinaz.

Est-il possible d'assigner une date approximative à cette capture. Il semble que l'abaissement naturel préhistorique du lac de Neuchâtel ne soit pas étranger à ce phénomène de capture.

En effet l'ancien lac entourait, comme un îlot, le Mont de Chamblon, venant baigner le pied des coteaux de Champvent, et le cours supposé rectiligne de l'ancienne Brinaz l'atteignait ainsi par le chemin le plus court. Le lac s'étant retiré, l'abaissement de l'embouchure, ou, comme disent les géographes, du *niveau de base* du cours d'eau parallèle à la Brinaz, le força à approfondir son lit par érosion régressive et permit ainsi à un bras de l'Y d'aller capturer les eaux de la Brinaz.

On a des exemples bien connus de ces captures par suite d'abaissement du niveau de base, autour du lac Léman (Veveyses, vallée morte de Prévondavaux près Gimel) à la seule différence près que les nouveaux cours déviés suivent une ligne de plus grande pente que précédemment, tandis que pour la Brinaz c'est précisément l'inverse, particularité sur laquelle il faut insister.

L'abaissement du lac de Neuchâtel paraît avoir aussi incité l'Arnon à aller capturer la Baumine.

C'est à la même cause aussi qu'il faudrait attribuer le détournement du *Majon*, ruisseau qui prend sa source près de Sergey.

En résumé, l'abaissement naturel ancien du lac de Neuchâtel paraît avoir assez profondément modifié le régime hydrographique de la région Yverdon-Grandson.

M. F.-A. Forel traite de deux ou trois points encore obscurs de l'*étude des seiches*.

1° *Seiche à la quinte*. M. Forel, dans sa description des seiches du lac de Constance[1], signale l'existence d'une seiche de durée intermédiaire à celle des uninodales et des binodales ; les uninodales du Bodan étant de 56 minutes (2 *t*), les binodales de 28 minutes, ces seiches anormales ont une durée de 39 minutes ; il les avait découvertes sur les tracés de Kirchberg ; il les a retrouvées depuis lors sur les tracés de Bodman, mais dans ces deux stations où elles sont rares, elles sont extrêmement faibles, leur hauteur atteignant à peine 2 ou 4 mm. Plus tard d'excellents tracés limnographiques que l'ingénieur Krapff, à Bregenz, lui a communiqués en 1894, lui ont fait voir de superbes seiches de 39 minutes, d'une hauteur de 3 à 5 cm., d'une régularité parfaite, plus fréquentes que les seiches uninodales ou binodales. Ces seiches, dont la durée est à peu près les deux tiers de celle de l'uninodale (les deux tiers de 55.8 donnent 37.2 minutes), seraient donc la quinte de l'oscillation principale, d'où le nom de *seiches à la quinte* que M. Forel leur donne. Elles sont très fortes à l'une des extrémités du lac, Bregenz, très faibles à l'autre extrémité, Bodman, nulles à Constance, très faibles à Kirchberg. Que sont-elles ? Quelle en est la signification ? Le problème est posé depuis dix ans ; il n'est pas encore résolu.

Ces seiches à la quinte ont été retrouvées sur d'autres lacs. Sur le Benaco, M. Valentin, d'après les tracés du limnimètre de Riva, a constaté des seiches uninodales de 43 minutes, des binodales de 23, des seiches à la quinte de 30 minutes[2].

Sur le lac Starnberg, le prof. H. Ebert a des seiches uninodales de 25 minutes et des seiches à la quinte de 16 min.[3]

[1] *Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees*, XIII, Lindau, 1893.

[2] *K. K. Acad. der Wiss, Wien 3 apr.* 1903.

[3] *Archives*, 1901, t. XI, p. 578.

Au Chiemsee, le Dr Endrös a trouvé des seiches de 43 et de 29 minutes[1].

Si nous appelons ρ le rapport $t : t'$ entre la durée de l'uninodale et celle de la seiche d'ordre inférieur, nous trouvons pour ces seiches à la quinte les valeurs suivantes :

Bodan	$\rho = 1.43$
Benaco	$\rho = 1.43$
Starnbergersee . . .	$\rho = 1.50$
Chiemsee	$\rho = 1.48$

Puisque le fait se reproduit presque identique dans quatre lacs, c'est un fait général dont la signification doit être cherchée.

2° Quant aux *seiches binodales*, le problème posé aux pages 84 à 162 du tome II du *Léman*, n'a pas encore reçu la réponse. Dans le Léman, la durée de la binodale est un peu moindre que la moitié de l'uninodale : $\rho > 2$ dans d'autres lacs c'est le contraire : $\rho < 2$.

Le Léman semblait seul dans son cas. Depuis, deux exemples sont venus se ranger à son côté, ceux du lac Hakone, au Japon[2], et du Loch Ness[3], en Ecosse.

Voici les faits principaux sur lesquels peut se baser l'étude des rapports de la binodale avec l'uninodale :

Lac.	Uninodale $2t$ min.	Binodale $2t$ min.	ρ	Long. km.	Profond. moyenne m.	Profond. maximale m.
Hakone.....	15.4	6.8	2.30	7	24	—
Léman.....	73.5	35.5	2.07	72	153	310
Loch Ness...	31.5	15.3	2.06	36	—	238
Bodan.....	55.8	28.1	1.98	65	100	252
Zurich.....	45.6	23.8	1.92	39	44	143
Georges	131	72	1.82	29	5	—
Quatre-Cant.	44	24.2	1.82	38	104	214
Madüsee[4]...	35.5	20.1	1.77	16	20	42

[1] *Archives*, 1904, t. XVII, p. 294.
[2] *Archives*, 1903, t. XV, p. 558.
[3] *Archives*, 1904, t. XVII, p. 342.
[3] *Archives*, 1904, t. XVII, p. 286.

Les expériences de M. Forel sur l'oscillation de l'eau dans une auge ont montré que plus la profondeur relative de l'eau augmente, plus le rapport ρ diminue (*Léman II*,350). Il serait difficile de reconnaître cette loi dans les chiffres d'observation des lacs ci-dessus indiqués.

3° *Seiches de très grands lacs.*

Dans le Balaton, long. 77 km., prof. moy. 3 m., la seiche longitudinale a une période de 10 à 12 heures, suivant la hauteur de l'eau. Les binodales n'y ont pas été reconnues[1].

Sur le Nyassa, le Dr Fulleborn a donné un tracé qui indique des oscillations irrégulières de l'eau, de 42 min. La longueur du lac étant de 550 km., ce ne peuvent être que des plurinodales ou des seiches partielles[2].

Sur le Michigan, des seiches transversales dessinées par le marégraphe de Grand Haven ont une durée de 112 min. la longueur du profil étant 136 km. et la profondeur moyenne 120 m.[3]

Sur l'Erié, des marégraphes établis aux deux extrémités du lac, à Amherstburg et à Buffalo, ont dessiné des oscillations synchrones et opposées, donc des seiches uninodales d'une période de 14 à 15 heures ; la longueur du lac est 396 km. la profondeur moyenne 15 m., la profondeur maximale 55 m. C'est le plus grand lac où des observations précises aient été faites sur les seiches. Une oscillation de 400 km. de longueur et de 14 heures de période, c'est grandiose[4] !

Sur le Baïkal (long. 700 km., prof. moy. 250 m., prof., max. 1373 m.), il doit y avoir des seiches d'une période de 12 heures environ.

[1] *Archives*, 1897, t. III, p. 516.

[2] *Verhandl. Ges. f. Erdkunde*, XXVIII, 331, Berlin, 1900.

[3] E.-A. Perkins. *American meteor. Journal*, 1894, p. 251.

[4] A.-J. Henry. *Wind velocity and fluctuations of water level on lake Érié.* Washington 1903.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 14 janvier 1904.

C. Nourrisson. Analyse du chlore électrolytique. — A. Bach. Action de l'acide sulfurique sur le persulfate de potassium. — C. Græbe. Naphtophénanthridine.

M. C. Nourrisson recommande, pour *l'analyse du chlore électrolytique*, un appareil du genre de celui d'Orsat, dans lequel on fait absorber le chlore par le chlorure stanneux, l'acide carbonique par la soude caustique, et l'oxygène (selon Hempel) par le cuivre et l'ammoniaque. Les dosages se font ainsi très rapidement et avec une exactitude tout à fait suffisante. On peut en effectuer un grand nombre avant d'avoir à renouveler les réactifs. La burette à gaz de l'appareil a un diamètre égal dans toute sa longueur et ne présente pas l'élargissement de celle d'Orsat; elle a une contenance de 50 cc. et est graduée en cinquièmes de cc.

M. A. Bach rappelle qu'il a montré précédemment[1] que le *réactif de Caro* (persulfate de potasse et acide sulfurique concentré) attaque très vivement en solution sulfurique le permanganate de potasse, tandis qu'il est presque sans action lorsqu'on l'a préalablement dilué avec beaucoup de glace. Pour rechercher la cause de cette différence, M. Bach a préparé des mélanges de persulfate avec des acides sulfuriques de dilutions croissantes, renfermant de 0.1 à

[1] *Archives* (4) **10**. 287; **11**. 102; **12**. 197; **13**. 192. 402; **15**. 231.

15 mol. d'eau. Il a titré chacun d'eux au moyen d'une solution de permanganate dans un acide sulfurique de même dilution, et il a mesuré le volume de l'oxygène mis en liberté. Il a trouvé que la rapidité de la réaction est inversement proportionnelle à la quantité d'eau contenue dans l'acide. Tandis qu'avec une quantité correspondant à 0,1 mol., la réaction n'exige que 30 secondes à peu près, elle dure avec 1 mol. 40 minutes, 2 mol. 20 min., 3 mol. 35 min., 4 mol. 5 heures, 5 mol. 7 h., 6 mol. 14 h., 7 mol. 23 h., 8 mol. 48 h., et avec des quantités encore plus grandes une semaine et davantage. On obtient les mêmes résultats en titrant avec l'acide chromique.

De même, lorsqu'on fait agir l'acide sulfurique plus ou moins concentré sur un mélange intime de 1 p. d'acide titanique sec et de 3 p. de persulfate de potasse, le mélange prend une coloration jaune caractéristique ; mais on remarque que celle-ci se produit avec d'autant plus de rapidité et en même temps d'intensité, que la concentration de l'acide est plus grande, à condition cependant qu'il ne renferme que des quantités d'eau comprises entre 0,1 et 10 mol.; au-dessus de cette limite, tous les mélanges se colorent dans le même temps et avec une intensité égale.

M. Bach se base, pour interpréter ces résultats, sur les faits établis par Lowry et West relativement à l'équilibre des mélanges de $H_2S_2O_8$, H_2O_2, H_2SO_4 et H_2O, et il croit pouvoir les expliquer par la réversibilité de la réaction :

$$2\,H_2\,SO_4 + H_2\,O_2 = H_2\,S_2\,O_8 + 2\,H_2O.$$

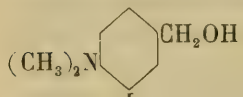
M. le prof. Græbe décrit divers composés nouveaux du groupe de la *naphtophénanthridine*, qu'il a obtenus à partir du chrysène.

Séance du 11 février.

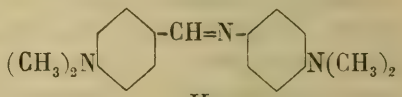
F. Ullmann et B. Frey. Préparation d'aldéhydes alcoylamino-benzoïques.

M. F. Ullmann a étudié avec M. B. Frey un procédé de transformation des amines aromatiques secondaires et

tertiaires en *aldéhydes alcoylaminobenzoïques*. Ce procédé consiste à dissoudre l'amine, par exemple la diméthylaniline, dans l'acide chlorhydrique et à ajouter de l'aldéhyde formique. On obtient ainsi l'*alcool* p-*diméthylaminobenzoïque* (I) qui, par condensation avec la nitrosodiméthylaniline, fournit la p-*diméthylaminobenzylidène*-p-*aminodiméthylaniline* (II).



I.



II.

Ce composé ne peut être qu'imparfaitement dédoublé par les acides bouillants; il l'est plus complètement lorsqu'on traite sa solution chlorhydrique par l'acide nitreux ; on peut ensuite séparer l'aldéhyde formée par addition d'acétate de soude. On peut aussi isoler l'aldéhyde en dissolvant le composé benzylidénique dans l'acide acétique glacial et en ajoutant de l'aldéhyde formique, puis de l'eau ; l'aldéhyde diméthylaminobenzoïque se précipite alors, tandis qu'il reste en solution un produit de condensation de la *p*-aminodiméthylaniline avec la formaldéhyde (base de Schiff).

S'il s'agit de préparer l'hydrazone ou l'oxime de l'aldéhyde, on peut se dispenser de décomposer au préalable la combinaison benzylidénique; il suffit de la faire bouillir quelques instants avec la phénylhydrazine ou le chlorhydrate d'hydroxylamine.

Les auteurs ont préparé de cette manière les aldéhydes éthyl, diméthyl, diéthyl, méthyléthyl et chlorodiméthylaminobenzoïques, ainsi que les aldéhydes méthyl et éthylamino-*m*-toluiques.

Séance du 29 avril.

A. Pictet et A. Rotschy. Dédoublement de la nicotine inactive. — H. Decker et H. Bünzly. Synthèse d'une oxydihydroacridine. — F. Ullmann et A. Lehner. Benzophénone-sulfone. — F. Reverdin, E. Delétra et Dresel. Dérivés du chlorodinitrobenzène.

M. le prof. Amé Pictet revient sur les essais de *dédou-*

blement de la nicotine inactive, dont M. A. ROTSCHY avait communiqué dans une précédente séance[1] les premiers résultats, encore très imparfaits. Ceux qui ont été obtenus depuis lors sont beaucoup plus satisfaisants. Lorsqu'on mélange, en solution aqueuse concentrée, la nicotine inactive et l'acide tartrique droit, dans la proportion de 1 mol. de la première pour 2 mol. du second, il se forme au bout de peu de temps un dépôt d'un sel blanc, cristallisé en petits prismes aplatis, fusibles à 88-89° et possédant un pouvoir rotatoire spécifique d'environ + 26°. Ce sel est identique à celui que l'on obtient en effectuant la même opération avec la nicotine naturelle, et constitue le *bitartrate droit de nicotine gauche*, $C_{10}H_{14}N_2.2C_4H_6O_6.2H_2O$.

Les eaux-mères de ce sel ne cristallisent pas après concentration; il est donc impossible d'en retirer de cette manière le bitartrate droit de nicotine droite qu'elles doivent contenir. Pour isoler la base dextrogyre, MM. Pictet et Rotschy ont recouru à un procédé déjà employé par M. Marckwald dans le dédoublement de l'α-pipécoline; ils ont décomposé par la soude le résidu sirupeux des eaux-mères, puis ils ont mélangé la base ainsi mise en liberté, et qui était légèrement dextrogyre, avec la quantité voulue d'acide tartrique *gauche*. Il s'est formé un sel, absolument identique d'aspect au précédent, fondant comme lui à 88-89°, mais possédant un pouvoir rotatoire d'environ — 26°. Ce sel est le *bitartrate gauche de nicotine droite*.

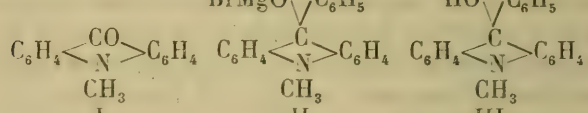
Par décomposition de ces deux bitartrates, les auteurs ont obtenu les deux bases actives. Celles-ci présentent les constantes physiques ci-dessous. Les propriétés de la modification lévogyre coïncidant d'une manière très satisfaisante avec celles de la nicotine du tabac, la synthèse complète de cet alcaloïde se trouve ainsi réalisée.

	Nicotine naturelle	Nicotine gauche de dédoublement	Nicotine droite de dédoublement
Point d'ébull. (corr.)	246,1-246,2°	246-246,5°	245,5-246,5°
Densité à 20°	1,0097	1,0092	1,0094
$[\alpha]_D^{20}$	—166,39°	—160,93°	+163,17°

[1] *Archives* (4) **15**. 574.

M. Pictet ajoute que M. le prof. A. Mayor a bien voulu examiner les deux isomères optiques au point de vue de leur action sur l'organisme animal. Ses premières expériences, effectuées sur le cobaye et le lapin, ont fourni ce résultat intéressant, que, non seulement la nicotine droite est à peu près deux fois moins toxique que la nicotine gauche, mais qu'elle agit d'une façon toute différente sur le système nerveux central.

MM. H. Decker et H. Bünzli ont observé que la N-méthylacridone (I), traitée en solution éthérée ou benzénique par le magnésium et le bromobenzène, fournit une combinaison (II) que l'eau transforme en *oxydihydrométhylphénylacricridine* (III).



I. II. III.

Ce dernier composé est identique à celui que l'on obtient en faisant agir les alcalis sur l'iodométhylate de phénylacridine.

M. F. Ullmann communique les résultats d'un travail fait en collaboration avec M. A. Lehner sur les *benzophénone-sulfones.*

Lorsqu'on traite le chlorure *o*-toluène-sulfonique (I) par le benzène en présence de chlorure d'aluminium, il se forme l'o-*méthylsulfobenzide* (II); ce corps fournit par oxydation au moyen du permanganate l'*acide sulfobenzide*-o-*carbonique;* celui-ci, traité par l'acide sulfurique, donne enfin la *benzophénone-sulfone* (IV).

I. II. III. IV.

Le chlorure qui sert de point de départ à ces transformations doit être préparé par l'action du chlore sur l'acide

o-toluène-sulfinique, car le produit industriel renferme toujours une notable proportion du dérivé *para*.

Les auteurs on trouvé, en outre, que l'acide sulfobenzide-*o*-carbonique prend facilement naissance lorsqu'on chauffe la solution d'un *o*-chlorobenzoate alcalin dans l'eau ou dans l'alcool amylique avec l'acide benzène-sulfinique, en présence d'une petite quantité de cuivre en poudre :

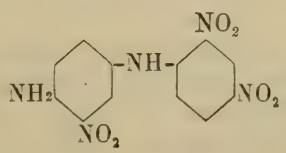
$$C_6H_4<^{Cl}_{COOK} + KO_2S\text{-}C_6H_5 = C_6H_4<^{SO_2-C_6H_5}_{COOK} + KCl$$

Cette réaction, appliquée aux acides benzène-sulfiniques substitués, permet d'obtenir les acides sulfobenzide-carboniques substitués, lesquels, chauffés avec l'acide sulfurique, fournissent à leur tour des benzophénone-sulfones substituées.

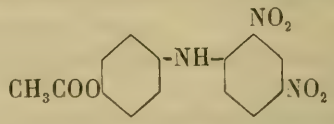
M. F. Reverdin présente quelques observations qu'il a faites en étudiant avec MM. Delétra et Dresel certains *dérivés du chlorodinitrobenzène*, $C_6H_3.Cl.NO_2.NO_2$: 1.2.4. Ces observations ont trait spécialement aux éthers dinitrophényliques du chloraminophénol $C_6H_3.OH.Cl.NH_2$: 1.3.4 et du *p*-aminophénol, ainsi qu'aux dérivés nitrés et chloronitrés de l'oxydinitrodiphénylamine.

Lorsqu'on condense le chloroaminophénol 1.3.4 avec le chlorodinitrobenzène, il se forme, suivant les conditions de l'expérience, la chloroxydinitrodiphénylamine correspondante ou l'éther dinitrophénylique, tandis que lorsqu'on opère avec le chloraminophénol $C_6H_3.OH.Cl.NH_2$: 1.2.4., on obtient toujours comme produit principal la chloroxydiphénylamine.

En cherchant à chlorer et à oxyder simultanément l'aminonitro-dinitro-diphénylamine



les auteurs ont constaté qu'il y a élimination du groupe NO_2 et formation de la *trichloroquinone-phénylimide* déjà décrite par MM. Reverdin et Crépieux[1]. En nitrant les 2- et 3-chloro-4-acétoxydinitrodiphénylamines, ainsi que la 3.5-dichloro-4-acétoxy-dinitrodiphénylamine, ils ont obtenu des dérivés chloromononitrés. Avec l'acétoxydinitrodiphénylamine



il se forme un dérivé dinitré. Tous ces produits renferment les nouveaux groupes NO_2 dans le noyau acétoxylé et sont facilement saponifiés par le carbonate de soude.

A. P.

[1] *Archives* (4) **16.** 486.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

A. Righi. La teoria moderna dei fenomeni fisici (Radioattivita, ioni, elettroni). 2e édiz. Nicola Zanichelli. Bologna. 1904.

M. Righi traite dans ce volume d'une façon magistrale, avec la haute compétence que lui donnent ses recherches et ses découvertes faites dans toute l'étendue du champ de l'électromagnétisme, les questions qui sont à l'ordre du jour dans les débats de la science expérimentale.

Les innombrables recherches expérimentales faites pendant ces dernières années sur les décharges électriques et les heureux essais faits pour compléter la théorie électromagnétique de la lumière, et enfin la découverte de nouveaux phénomènes magnéto-optiques et celle de la radioactivité, ont eu comme conséquence, dit M. Righi dans l'introduction de son ouvrage, de constituer une nouvelle et très intéressante branche de la science, et en même temps elles ont fait surgir une théorie qui tend à relier harmoniquement tous ces faits, théorie qui modifie profondément les idées précédentes sur les phénomènes électriques et même sur tous les phénomènes physiques.

M. Righi part de l'examen des phénomènes électrolytiques pour arriver à l'explication de l'électron, qui serait un ion, sans noyau pondérable, c'est-à-dire un ion purement électrique, ce qui l'amène à étudier dans le deuxième chapitre la relation entre les électrons et les phénomènes lumineux, où il décrit avec beaucoup de clarté la découverte de Zeemann, conséquence des vues théoriques de Lorentz, l'éminent physicien hollandais qui a eu l'heureuse idée de considérer les atomes avec les charges électriques.

Dans le troisième chapitre sont résumées les recherches faites pour établir la nature des rayons cathodiques, lequel est complété par le suivant, sur les ions dans les gaz et dans les solides. Ensuite, après une étude complète sur la

radioactivité qui forme le chapitre V, l'auteur donne dans les deux derniers une discussion sur les résultats des calculs des masses, vitesses et charges électriques des ions et des électrons, et il établit la nature électronique de la constitution de la matière. M. Righi dit que les forces moléculaires et atomiques ne sont probablement que des manifestations des forces électromagnétiques des électrons et que même la gravitation pourra être expliquée suivant ces concepts. Th. T.

P. Gruner. Dæmmerungserscheinungen, etc. Lueurs crépusculaires dans l'année 1903 (*Mitteil. der Naturf. Gesellsch. in Bern*, 1904).

Dès la réapparition des lueurs crépusculaires dans l'été 1902, à la suite de l'éruption du Mont Pelé dans la Martinique, M. Gruner s'est voué à l'étude suivie et soignée de ce magnifique phénomène qui avait provoqué déjà et à un plus haut degré encore l'admiration du monde après la fameuse éruption du Krakatoa. Il avait fait part l'an dernier à la Société bernoise des sciences naturelles de ses premières séries d'observations, il publie maintenant en détail la série des observations auxquelles il s'est livré du 5 février 1903 au 21 février 1904.

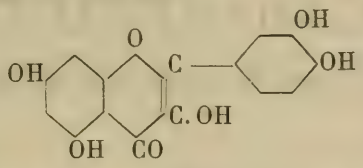
L'auteur conclut d'une manière générale que le développement et l'éclat du phénomène crépusculaire sont intimément liés à l'état général du temps et que, sans exception, la belle lueur pourpre caractéristique s'est montrée chaque fois que le baromètre était haut avec apparition d'un anticyclone dans les régions occidentales, France, etc. L'absence de cette lueur accompagne en général un régime de basse pression et un changement de temps; ou bien elle provient de l'interposition de nuages très éloignés dans la direction du couchant.

CHIMIE

St von Kostanecki, V. Lampe et J. Tambor. Synthèse de la quercétine (*Berichte der D. Ges.* 37 (1904) 1402, Berne).

La quercétine constitue l'un des produits de dédouble-

ment du quercitrin, matière colorante du quercitron; sa synthèse que les auteurs viennent d'effectuer, prouve que la formule de constitution proposée il y a onze ans par von Kostanecki est bien exacte



et qu'elle est le *1.3.3'.4' tetra-oxyflavanol.* Pour reproduire la quercétine, les auteurs ont transformé la 2'oxy-4'6'3.4 tetra-méthoxychalkone en 1.3.3'.4'. tetraméthoxyflavanone en la chauffant en solution alcoolique avec de l'acide chlorhydrique étendu. Cette flavanone a été ensuite traitée en solution alcoolique par le nitrite d'amyle en présence d'acide chlorhydrique ce qui a fourni un dérivé isonitrosé. En faisant bouillir cette isonitrosoflavanone en solution acétique avec de l'acide sulfurique à 10 % il y a élimination d'hydroxylamine et formation de 1.3.3'.4' tetraméthoxyflavanol, qui se dépose de la solution par le refroidissement sous la forme d'aiguilles colorées en jaune, fusibles à l'état pur à 197-198°. Pour obtenir la quercétine il ne s'agit plus que d'enlever les groupes méthyles de cette combinaison, ce qui s'exécute en la faisant bouillir avec de l'acide iodhydrique concentré. Le *1.3.3'4' tetra-oxy-flavanol* que l'on obtient par cette méthode possède tous les caractères de la quercétine; il cristallise dans l'alcool étendu en aiguilles soyeuses, jaune citron, F. 313-314° (en se décomposant.).

Le quercétine préparée d'autre part par les auteurs au moyen du quercitrin de Kahlbaum pour le comparer au produit synthétique fondait à 312-314° et le mélange des deux produits se décomposait à 313°. Le dérivé acétylé soit la *pentacetylquercétine* $C^{15}H^5O^2$ $(OCOCH^3)_5$ cristallise dans l'alcool en aiguilles blanches et soyeuses, F. 193-194° et les auteurs ont trouvé exactement le même point de fusion pour le dérivé acétylé de la quercétine naturelle.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1904

Janvier

832 *bis*. Bistrzycki (A.) und Zurbriggen (B.). Ueber zwei Kresyldiphenylcarbinole. Freiburg. I. Chem. Univ.-Lab. — *Mitt. der naturf. Ges. in Freiburg* **2**. 1.

690 *bis*. Blangey (Louis). Ueber Chinole. *Dissert*. Zürich (Prof. Bamberger).

497 *bis*. Bots (H.). Ueber Aminooxydiphenylamine. *Dissert*. Zürich (Prof. Gnehm).

1. Bunge (G. von). Der Kalk- und Eisengehalt unserer Nahrung. Basel. — *Zeitschr. Biologie* **45**. 532.

2. Chodat (R.) und Bach (A.). Untersuchungen über die Rolle der Peroxyde in der Chemie der lebenden Zelle. Einiges über die chemische Natur der Oxydasen. Genf. Pflanzenchem. Lab. des botan. Instituts. — *Berichte* **37**. 36.

3. Chuard (E.). Sur la fixation de l'azote atmosphérique. Lausanne. — *Bull. technique de la Suisse romande*, n° 2.

694 *bis*. Delétra (E.) et Ullmann (F.). Sur quelques carbazols. Genève. Lab. de chimie de l'Univ. — *Arch. des Sc. phys. et nat.* **17**. 78.

4. Frey (Burkhard). Sur une nouvelle synthèse des *p*-alcoyl-aminobenzaldéhydes. *Thèse*. Genève (Dr Ullmann).

5. Gerber (N.) und Wieske (P.). Allerlei praktische Erfahrungen mit der Acidbutyrometrie. Zürich. — *Milch-Zeitung* **33**, 37.

6. Goldschmidt (Carl). Ueber Reaktionen mit Formaldehyd. Genf. — *Chemiker-Zeitung* **28**. 59.

7. Henzerling (Hermann). Ueber das technische sog. Phosphorsesquisulfid. *Dissert*. Bern (Prof. Friedheim).

8. Homfray (I.) et Guye (Ph.-A.). Tensions superficielles et

complexité moléculaire de corps actifs homologues. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **1.** 505.

9. Kaufler (Felix). Ueber einige β-Substitutionsproducte des Anthrachinons. Zürich. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **37.** 59.

10. Kay Thompson (M. de). Studien zum Siemensschen Kupfergewinnungs-Prozess. *Dissert.* Zürich (Prof. Lorenz).

11. Khotinsky (Eugène). Sur la bromuration et la réduction des pyrrols. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

545 *bis.*. Koritschoner (Franz). Untersuchungen über das russische Pech und das Harz von Pinus palustris. *Dissert.* Bern. (Prof. Tschirch).

12. Kostanecki (St. von). Ueber die Konstitution des Brasilins und des Hämatoxylins. Bern. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* **3.** 4.

440 *bis.* Krembs (Richard). Zur Kenntnis des Catechins. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

13. Kuhn (Curt). Ueber einige amidierte Amidosulfone der aromatischen Reihe. *Dissert.* Basel (Prof. Nietzki).

14. Langstein (Leo) und Meyer (Martin). Ueber das Verhalten der Eiweisskörper des Blutplasmas bei experimentellen Injektionen. Basel. — *Beitr. chem. Physiol.* **5.** 69.

15. Lloyd (Lorenzo L.). Studien über Chromonderivate. *Dissert.* Bern. (Prof. v. Kostanecki).

806 *bis.* Lotz (Walther). Ueber Doppelbindung und Drehungsvermögen. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

442 *bis.* Plattner (Ernst). Synthese eines beizenziehenden Tetraoxyflavons. *Dissert.* Bern. (Prof. v. Kostanecki).

16. Porchet (F.). Action des sels de cuivre sur les végétaux. *Thèse.* Lausanne.

16 *bis.* Porchet (Ferdinand). Action des sels de cuivre sur les végétaux. Lausanne. Lab. de chimie de l'Inst. agricole. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* **39.** 461.

17. Rabin (Marcus). Synthese des β-Methyl-α-Naphtochromons. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

18. Redard (William). Sur les méthodes de dosage volumétrique de la fuchsine. *Thèse.* Lausanne (Prof. Pelet).

19. Rising (A.). Ueber die Methyl-und Aethyl-Aether des *p*-Oxyphenylhydroxylamins und die daraus dargestellten Azoxyverbindungen. Basel. Wissenschaftl. Lab. der Ges. für chem. Industrie. — *Berichte* **37.** 43.

20. Rupe (Hans). Ein Vorlesungsversuch. Basel. — *Chemiker-Zeitung* **28**. 86.

21. Schulze (E.). Ueber das Vorkommen von Hexonbasen in den Knollen der Kartoffel und der Dahlie. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Landw. Vers.-Stationen* **59**. 331.

22. Schulze (E.). Ueber Methoden, die zur Darstellung organischer Basen aus Pflanzensäften und Pflanzenextrakten verwendbar sind. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Landw. Vers.-Stationen* **59**. 344.

23. Spindler (O. von). Neue Modifikation der Reaktion von Denigès. Nachweis von Weinsäure und Zitronensäure. Genf. — *Chemiker-Zeitung* **28**. 15.

24. Strzyzowski (Casimir). Une impureté non encore signalée de l'oxyde de magnésium. Lausanne. Lab. de ch. physiol. de la Clinique méd. *Bull. de la Soc. vaudoise des sc. nat.* **39**. 445.

25. Treadwell (F.-P.) und Girsewald (C. von). Ueber die Nichtfällbarkeit des Kupfers durch Schwefelwasserstoff aus cyankaliumhaltiger Lösung. Zürich. Chem.-anal. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **38**. 92.

26. Tschudin (Ernst). Ueber das Anilidocitraconanil und seine Verwandten. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

27. Ullmann (F.) und Dieterle (P.). Studien in der Diphenazonreihe. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 23.

28. Ullmann (F.) und Wurstemberger (R. von). Ueber Derivate des Biphenylendiphenylmethans. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 73.

29. Walther (Gust.). Eine Modification des neuen Beckmannschen Siedeapparates für Heizung mit strömendem Dampf. Basel. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 78.

776 *bis*. Weil (Leopold). Ueber den Gurjunbalsam. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

867 *bis*. Woker (Gertrud). Synthesen des 3,4-Dioxyflavons. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

Février

30. Bamberger (Eug.) und Wetter (Alex.). Diazotirung des Nitrobenzols. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **37**. 629.

31. Berl (Ernst). Beiträge zur Kenntniss der Elektrolyse geschmolzener organischer Salze. Zürich. Elektrochem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **37**. 325.

32. Bertram (Max). Studien über Vereinigung von Stickstoff und

Wasserstoff durch elektrische Entladungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Lorenz).

33. Bistrzycki (A.) und Gyr (Joseph). Ueber die Abspaltung von Kohlenoxyd aus tertiären Säuren mittels concentrirter Schwefelsäure (Darstellung von Diphenyl-*p*-tolyl-carbinol). Freiburg. I. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **37**. 655.

34. Bünzli (Hans) und Decker (H.). Ueber einige Ammoniumverbindungen. Synthese einer Oxydihydrobase. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 575.

35. Decker (H.) und Klauser (Oskar). Ueber Papaveriniumbasen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 520.

36. Engi (Gadient). Recherches sur l'acide binitro-*o*-chlorobenzoïque. *Thèse.* Genève (Dr Ullmann).

37. Geipert (R.). Die Condensation von Benzilsäure mit Phenolen. Freiburg. I. Chem. Lab der Univ. — *Berichte* **37**. 664.

765 *bis*. Géléznoff (Antonine). L'anhydride acétoborique. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

38. Gruszkiewicz (J.). Neues Gasvolumeter. Freiburg. Physik. Inst. der Univ. — *Zeitschr anal. Ch.* **43**. 85.

39. Huesmann (Theodor). Ueber Oxoniumverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

40. Krepelka (Vladimir). Ueber Methoden zur Unterscheidung der natürlichen von den künstlichen Asphalten. *Dissert.* Zürich (Prof. Lunge).

41. Latzko (Wilhelm). Ueber β-γ-Diphenylvinylessigsäure und ihre Verwandten. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

42. Lehner (Alfred). Nouvelles synthèses de la benzophénonesulfone et de ses dérivés. *Thèse.* Genève.(Dr Ullmann).

43. Lunge (G.). Beiträge zur chemisch-technischen Analyse. Zürich. — *Zeitschr. angew. Ch.* **17**. 195. 225. 265.

40 *bis*. Lunge (G.) und Krepelka (V.). Untersuchungen über Asphalt. Zürich. — *Chemiker-Zeitung* **28**. 177.

44. Molle (Bruno). Ueber die Zusammensetzung des ätherischen Lorbeeröles und zur Kenntnis seines Hauptbestandteiles des Cineols. *Dissert.* Basel. (Prof. Rupe).

45. Panchaud (Adalb.). Ueber Bestimmung der Jodzahl von Fetten und fetten Oelen. — *Schweiz. Wochenschr.* **42**. 113.

46. Pearce (F.) et Couchet (Ch.). Sur des phénomènes de réduction produits par l'action de courants alternatifs. Genève. — *Comptes rendus* **138**. 361.

47. Pfeiffer (P.) und Schnurmann (K.). Beitrag zur Darstel-

lung von Alkyl- und Aryl-Zinnverbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 319.

48. Reinhardt (Karl). Ueber die katalytische Wirkung verschiedener Substanzen auf die Umwandlung von Schwefeldioxyd und Luftsauerstoff in Schwefeltrioxyd. *Dissert.* Zürich (Prof. Lunge).

49. Strzyzowski (Casimir). Ueber eine verbesserte Abänderung der Marshschen Apparats nebst einer Anweisung zur Erkennung von Arsen in minimalen Arsen-Anflügen. Lausanne. Phys.-chem. Lab. der med. Univ.-Klinik. — *Oesterr. Chemiker-Zeitung* **7**. 77.

50. Topalow (Wassil). Ein Beitrag zur Konstitution der Rhodole. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

Mars

51. Ambühl (G.). Zwei kleine Laboratoriumsgeräte. St-Gallen.— *Schweiz. Wochenschr.* **42**. 148.

52. Bamberger (Eug.). Ueber die Einwirkung von Dimethylsulfat auf Anthranil und *o*-Aminobenzaldehyd. Ein Beitrag zur Geschichte des Anthranils. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **37**. 966.

53. Battelli (F.). Oxydation de l'acide formique par les extraits de tissus animaux en présence de peroxyde d'hydrogène. Genève. Lab. de physiol. de l'Univ.— *Comptes rendus* **138**. 651.

54. Billeter (Otto-C.). Ueber die Einwirkung von cyansaurem Silber auf Säurechloride. Benzolsulfonylisocyanat. Neuchâtel. Lab. der Akademie. — *Berichte* **37**. 690.

55. Cantoni (H.). Appareil pour déterminer la solubilité des sels dans les dissolvants autres que l'eau et à des températures supérieures à 100 degrés. Genève. Lab. de chimie anal. de l'Univ. — *Annales de ch. anal.* **9**. 81.

56. Cantoni (H.) et Goguelia (G.). Recherches relatives à la décomposition des carbonates alcalino-terreux par le chlorure d'ammonium en présence d'eau. Genève. Lab. de chimie anal. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **31**. 282.

57. Decker (H.) und Hock (Theodor). Ueber einige Ammoniumverbindungen : Methylirung der *ms*-Phenyl-acridin-*o*-carbonsäure. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 1002.

58. Dilthey (W.) und Eduardoff (F.). Ueber die Darstellung von Phenylsiliciumverbindungen. Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Berichte* **37**. 1139.

808 *bis*. Fichter (Fr.) und Sulzberger (August.). Ueber das

Phenylbenzochinon und einige Derivate des Biphenyls. Basel. Univ.-Lab. I. — *Berichte* **37**. 878.

497 *ter*. GNEHM (R.). Ueber einige Amido- und Amidooxydiphenylamine. Zürich. — *J. prakt. Ch.* **69**. 161. 223.

59. HEFFTER (A.) und HAUSMANN (Max). Ueber die Wirkung des Schwefels auf Eiweisskörper. Bern. Inst. für med. Ch.— *Beitr. chem. Physiol.* **5**. 213.

837 *bis*. HUMAN (Alfred). Ueber Dichlorhydrochinondisulfosäure und über Azoxybenzaldehyde. *Dissert.* Basel (Prof. Nietzki).

261 *bis*. KEHRMANN (F.). Zur Kenntnis der komplexen anorganischen Säuren. Ueber die Kieselwolframsäure, ihre Zusammensetzung und Analyse. Genf. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **39**. 98.

60. KOSTANECKI (St. von) und KUGLER (S.). Synthese eines Isomeren des Fisetins. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 779.

61. KOSTANECKI (St. von) und LAMPE (V.). Synthese des 2-Oxyflavonols. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 773.

62. KOSTANECKI (St. von), LAMPE (V.) und TAMBOR (J.). Synthese des Fisetins. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 784.

63. KOSTANECKI (St. von) und OTTMANN (A.). Synthese des 2.3'-Dioxy-flavonols. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 957.

64. KOSTANECKI (St. von) und STOPPANI (M.-L.). Synthese des 2.-4'-Dioxy-flavonols. Bern. Univ.-Lab.— *Berichte* **37**. 781.

65. KOSTANECKI (St. von) und STOPPANI (M.-L.). Synthese des 3-Oxy-flavonols. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 1180.

66. KOSTANECKI (St. von) und TAMBOR (J.). Versuche zur Synthese gelber Pflanzenfarbstoffe. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 792.

67. KRIJANOVSKI (R. de). De l'action de l'acide acétonitrique et du nitrite d'acétyle sur la naphtaline et quelques-uns de ses dérivés. *Thèse*. Genève (Prof. Pictet).

68. KYM (O.). Zur Kenntniss einiger Benzimidazole und deren Farbstoffderivate. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 1070.

69. LIECHTI (Paul) und RITTER (Ernst). Ueber die Anwendbarkeit der Schlösing'schen Methode zur Bestimmung des Nitratstickstoffs bei Gegenwart organischer Substanzen. Bern. Agrik.-chem. Anstalt. — *Zeitschr. anal. Ch.* **43**. 168.

70. LUNGE (G.). Technisch-chemische Analyse (Leipzig).

71. OSWALD (A.). Untersuchungen über das Harneiweiss. Zürich. Pharm. Inst. — *Beitr. chem. Physiol.* **5**. 234.

72. PADOVA (Robert M.-G.). Ueber Nitroformazyl und Aminoformazyl. *Dissert.* Zürich. (Prof. Bamberger).

73. Pfeiffer (P.) und Truskier (P.). Zur Darstellung organischer Blei- und Quecksilber-Verbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 1125.

74. Pictet (Amé). The vegetable Alkaloïds, with particular reference to their chemical constitution, rendered into English by H. C. Biddle (New-York).

75. Seybold (Wilhelm). Ueber den Einfluss räumlicher Faktoren auf den Prozess der Alkylirung. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

76. Speiser (Felix). Ueber Cinnamoyllaevulinsäure und ihre Reduktionsprodukte. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

77. Treadwell (F.-P.). Tabellen zur qualitativen Analyse. 5. Aufl. (Berlin).

330 *bis.* Treadwell (F.-P.) und Girsewald (C. von). Ueber einige komplexe Cyankupfer-Ammoniakverbindungen. Zürich. Chem.-anal. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **39**. 84.

78. Tschirch (A.) und Reutter (L.). Ueber den Mastix. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Arch. der Pharm.* **242**. 104.

79. Tschirch (A.) und Reutter (L.). Ueber einige in carthaginiensischen Sarkophagen gefundene Harze. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Arch. der Pharm.* **242**. 111.

80. Tschirch (A.) und Reutter (L.). Ueber das Caricari-Elemi. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **242**. 117.

81. Ullmann (F.). Ueber eine neue Darstellungsweise von Phenyläthersalicylsäure. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 853.

4 *bis.* Ullmann (F.) und Frey (Burckhard). Ueber die Herstellung von *p*-Alkylaminobenzaldehyden. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **37**. 855.

82. Urech (Walter). Beiträge zur Kenntnis der Oxazinverbindungen. *Dissert.* Genf. (Dr Kehrmann und Dr Ullmann).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1904

Le 1er, pluie dans la nuit et de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
3, fort vent à 1 h. du soir.
4, pluie dans la nuit et depuis 9 h. du soir; fort vent dans la journée.
5, légère gelée blanche le matin.
6, pluie depuis 7 h. du soir.
7, fort vent dans la journée; pluie à 4 h. du soir.
8, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin; fort vent dans la journée.
9, pluie dans la nuit.
11, légère gelée blanche le matin.
12, très forte rosée le matin.
13, forte rosée le matin; fort vent dans la journée; pluie depuis 10 h. du soir.
15, fort vent à 1 h. et à 4 h. du soir; fœhn caractérisé.
16, forte rosée le matin; fort vent à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.
17, pluie à 7 h. du matin et depuis 9 h. du soir.
18, forte bise à 1 h. et à 4 h. du soir.
19, forte rosée le matin.
20, forte rosée le matin; éclairs à l'E. et légère averse à 8 h. du soir.
21, fort vent à 1 h. du soir.
22, rosée le matin.
23, forte bise depuis 4 h. du soir.
24, forte bise à 1 h. et à 7 h. du soir.
25, forte rosée le matin et forte bise à 1 h. du soir.
26, 27 et 28, très forte bise pendant tout le jour.
29, couronne lunaire.

GENÈVE — AVRIL 1904

Jours du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	27.3	28.4	30.2	28.08	+ 3.55	26.2	31.0	S. 0	NNW. 1	S. 1	var.	3.8	10	10	10	10	....	5.4	4
2	34.1	34.7	34.6	33.87	+ 9.35	31.3	35.1	SE. 0	N. 1	S. 0	NNE. 1	6.2	10	2	1	5	8.3	....	....
3	34.4	33.0	32.1	33.38	+ 8.87	31.7	34.6	S. 0	WSW. 2	NW. 0	var.	4.6	3	10	9	8	4.1	8.0	**6**
4	31.5	31.6	32.1	31.86	+ 7.36	31.4	32.4	W. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	10.5	10	6	10	9	3.1	2.0	3
5	35.9	34.9	34.6	**35.02**	**+10.53**	34.5	**35.9**	SW. 1	N. 1	SSW. 1	var.	5.8	7	7	10	9	6.0	....	....
6	32.2	30.4	30.3	31.26	+ 6.77	29.5	34.2	N. 0	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	6.2	10	10	10	9	2.4	2.3	4
7	28.0	27.2	28.4	27.96	+ 3.48	26.8	29.6	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	13.6	10	9	8	9	1.5	0.8	1
8	30.6	31.0	32.2	30.80	+ 6.32	29.0	32.0	SSW. 1	SSW. 1	SW. 0	SSW. 1	10.0	10	10	10	10	...	1.6	2
9	31.6	29.9	29.1	30.20	+ 5.72	28.3	31.9	SW. 0	N. 1	S. 0	var.	4.2	10	3	1	4	8.7	....	....
10	29.7	29.1	29.9	28.90	+ 4.41	28.1	29.8	S. 0	N. 1	SW. 0	var.	4.6	9	4	0	4	8.3	....	....
11	29.0	27.4	27.4	27.65	+ 3.16	26.5	29.0	S. 0	N. 1	S. 0	var.	5.6	0	6	0	2	11.3	....	....
12	27.8	26.1	24.2	26.17	+ 1.67	24.0	27.9	S. 0	N. 1	S. 0	var.	4.6	0	2	7	2	10.5	....	....
13	23.8	23.4	23.3	23.70	− 0.81	22.5	26.5	S. 0	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	10.5	10	10	8	9	2.8	2.7	2
14	24.4	23.0	21.8	23.31	− 1.21	21.7	24.6	S. 0	N. 1	S. 0	var.	5.0	8	9	10	9	1.1	....	....
15	19.7	18.5	18.1	**18.97**	**− 5.56**	**17.5**	21.5	S. 1	SSW. 3	SSW. 1	SSW. 1	8.4	10	4	1	5	8.5	....	....
16	19.3	21.1	24.4	21.02	− 3.53	18.6	24.9	S. 0	SSW. 1	SW. 0	SSW. 1	8.4	0	10	9	6	6.0	0.1	....
17	26.0	25.2	26.0	25.23	+ 0.67	24.1	26.0	NW. 1	N. 1	SSW. 1	N. 1	5.8	10	10	10	10	1.6	**10.2**	5
18	24.4	23.7	22.7	23.89	− 0.69	22.5	24.9	S. 0	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 1	11.9	7	9	10	9	4.5	....	....
19	20.9	20.9	20.6	20.89	− 3.71	20.4	21.8	SSW. 1	N. 1	S. 0	var.	2.9	10	10	9	10	0.6	....	....
20	21.1	20.5	22.1	21.20	− 3.42	20.5	22.9	N. 1	SSW. 1	NNE. 1	var.	5.2	9	8	10	8	5.3	....	....
21	24.3	23.7	24.8	23.94	− 0.70	23.3	25.0	N. 0	S. 2	NE. 0	var.	6.4	10	5	10	7	8.1	....	....
22	25.7	25.2	24.9	25.06	+ 0.39	24.3	25.8	SW. 1	NNE. 1	SSW. 1	SSW. 1	6.5	7	10	10	9	2.3	....	....
23	20.9	20.1	22.5	21.33	− 3.36	20.1	23.5	SSW. 1	N. 1	NNE. 2	NNE. 2	14.6	10	10	10	9	...	....	....
24	25.4	25.5	26.2	25.31	+ 0.59	23.2	26.2	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	15.8	10	10	0	8	....	....	....
25	25.8	24.6	25.4	25.22	+ 0.47	24.4	26.0	SE. 1	NNE. 2	N. 1	NNE. 1	7.3	7	9	10	9	6.3	....	....
26	26.0	26.0	25.9	25.83	+ 1.05	25.2	26.7	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 3	23.1	10	9	6	8	3.6	....	....
27	25.6	25.9	27.9	26.09	+ 1.28	25.3	27.7	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 3	25.2	8	10	2	8	1.9	....	....
28	28.3	28.0	29.1	28.22	+ 3.38	27.7	29.5	NNE. 2	NNE. 4	NNE. 2	NNE. 3	**26.8**	0	0	0	1	10.0	....	....
29	30.6	29.7	29.3	29.63	+ 4.75	28.7	30.7	S. 0	NNE. 1	S. 0	NNE. 1	3.7	5	6	0	3	**11.4**	....	....
30	29.5	28.6	27.9	28.63	+ 3.72	27.4	29.5	E. 0	N. 1	N. 0	N. 1	3.7	1	7	9	4	11.2	....	....
Mois	27.12	26.58	26.93	26.75	+ 1.98							9.03	7.4	7.5	6.7	7.1	149.4	33.1	27

GENÈVE — AVRIL 1904

Jours du Mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre.
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 3.0	+ 8.4	+ 7.6	**+ 5.70**	- 1.13	+ 1.9	+ 8.8	86	70	89	**85**	**+13**	65	**97**	....	.....	850
2	4.7	8.7	6.1	7.24	+ 0.27	4.0	10.9	90	52	67	69	- 3	34	90	6.8	- 0.5	907
3	2.1	15.6	10.6	9.01	+ 1.91	**1.0**	17.0	81	28	56	58	-13	28	90	....	.....	930
4	8.9	11.6	6.0	9.67	+ 2.43	5.1	12.6	81	43	85	67	- 4	43	95	6.3	- 1.2	913
5	3.4	10.0	8.4	7.15	- 0.23	1.9	11.0	82	36	59	64	- 7	36	88	6.5	- 1.1	922
6	7.1	16.2	9.0	11.09	+ 3.58	5.7	17.0	76	49	77	66	- 5	48	79	7.7	0.0	927
7	9.8	12.9	10.9	10.98	+ 3.33	8.9	14.0	83	68	75	76	+ 5	68	84	7.4	- 0.3	912
8	7.1	10.9	9.1	9.09	+ 1.30	6.2	12.0	69	59	78	70	- 1	59	78	8.0	+ 0.2	917
9	8.1	15.3	10.6	10.70	+ 2.77	7.5	17.7	93	53	80	78	+ 7	53	95	7.4	- 0.5	916
10	11.1	17.9	10.0	13 31	+ 5.24	5.6	19.4	83	40	55	61	- 9	32	83	....	.....	910
11	3.9	13.3	9.3	8.41	+ 0.20	1.8	14.0	81	35	63	62	- 8	35	75	8.3	+ 0.2	927
12	4.3	14.5	10.9	9.22	+ 0.87	2.5	16.0	80	42	57	61	- 9	42	80	8.0	- 0.2	932
13	12.1	19.9	16.7	15.80	+ 7.31	8.9	22.5	72	40	46	55	-15	35	80	8 2	- 0.1	927
14	10.1	14.5	13.9	13.56	+ 4.93	9.4	17.9	90	52	81	75	+ 5	52	95	7.9	- 0.5	992
15	12.1	26.2	17.8	**17.54**	**+ 8.77**	9.9	**27.5**	82	15	24	53	-17	**15**	86	7.8	- 0.7	1002
16	11.5	16.9	11.4	13.35	+ 4.44	8.9	20.5	73	53	83	66	- 4	50	85	8.4	- 0.2	977
17	9.9	13.5	10.[illegible]	11.69	+ 2.64	8.8	15.0	96	62	83	79	+ 9	57	96	....	.....	1010
18	7.8	13.7	12.0	10.74	+ 1.55	7.8	15.4	92	66	76	81	+11	66	95	7.9	- 0.9	1052
19	10.1	15.7	13.2	12.97	+ 3.63	8.7	17.0	89	62	83	74	+ 4	50	90	8.3	- 0.5	1062
20	11.4	19.5	13.7	14.28	+ 4.80	10.4	21.0	83	43	77	69	- 1	42	95	10.0	+ 1.0	1097
21	10.8	19.6	14.7	14.60	+ 4.98	10.7	21.7	87	51	61	66	- 4	45	87	9.5	+ 0.5	1132
22	10.2	13.8	9.2	11.24	+ 1.48	8.0	15.0	83	58	67	70	+ 1	58	83	9.8	+ 0.6	1147
23	6.7	9.7	9.4	8.47	- 1.44	6.3	11.0	64	70	78	72	+ 3	64	80	9.5	+ 0.2	1157
24	10.0	13.6	11.1	11.14	+ 1.09	9.0	14.9	75	58	75	72	+ 3	58	80	....	.....	1160
25	9.0	16.1	11.2	11.81	+ 1.61	5.3	17.2	85	56	83	73	+ 4	55	92	10.1	+ 0.6	1162
26	9.3	10.3	8.2	9.76	- 0.58	7.6	12.2	78	67	75	70	+ 1	53	78	9.8	+ 0.2	1152
27	7.6	9.7	7.3	8.66	**- 1.82**	6.8	12.0	76	54	71	68	- 1	50	77	10 1	+ 0.4	1152
28	7.0	12.4	10.0	9.09	- 1.54	5.0	13.5	67	26	47	**51**	**-18**	26	70	9.8	0.0	1152
29	5.9	15.4	12.3	10.71	- 0.06	2.5	18.3	72	34	56	56	-13	28	90	9.8	- 0.1	1135
30	8.1	17.1	15.0	12.64	+ 1.72	5.0	18.4	80	43	48	61	- 8	33	90	10.1	+ 0.1	1117
Mois	+ 8.11	+14.43	+10.85	+10.99	+ 2.02	+ 6.37	+19.38	81	49	68	68	- 2			9.26	+ 0.48	1018

MOYENNES DE GENÈVE. — AVRIL 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	31.18	31.08	31.52	31.64	31.02	30.48	30.90	31.25	31.13
2e »	23.64	23.30	23.64	23.58	22.98	22.49	22.62	23.36	23.20
3e »	25.89	25.72	26.21	26.23	25.73	25.32	25.82	26.48	25.92
Mois	26.91	26.70	27.12	27.15	26.58	26.10	26.45	27.03	26.75

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 7.76	+ 6.68	+ 6.53	+10.23	+12.75	+12.27	+10.29	+ 8.64	+ 9.39
2e »	10.11	8.58	9.35	14.52	16.77	16.10	14.52	12.10	12.76
3e »	8.73	7.50	8.46	11.71	13.77	13.81	12.23	10.29	10.81
Mois	8.87	7.59	8.11	12.15	14.43	14.06	12.35	10.34	10.99

Fraction de saturation en %.

1re décade	80	86	83	65	50	55	63	73	69
2e »	80	84	84	60	47	52	57	75	67
3e »	77	80	77	64	52	51	57	70	66
Mois	79	83	81	63	49	52	59	73	68

Dans ce mois l'air a été calme 261 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{75}{43} = 1.74$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 19°.2 W.
Son intensité est égale à 20.7 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.....	726.88
Nébulosité	7.2
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+11°.13
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+11°.06
Fraction de saturation.....	66 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	724.77
Nébulosité..	(1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	56mm.8
Nombre de jours de pluie.	(id.).	11
Température moyenne ...	(id.).	+ 8°.97
Fraction de saturat.	(1849-1875).	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	32.6	28.9	26.0	24.4	32.0	29.0	21.0

Station	VERNIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	42.2	33.1	29.2	32.8	31.9	38.8

Durée totale de l'insolation à Jussy : 149h.2.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1904

Le 1er, neige et forte bise.
3, 4 et 7, neige.
8, neige et très forte bise.
13 et 14, très fort vent et neige.
15, violent vent.
16, neige et très fort vent.
17 et 18, neige.
19, neige et pluie.
21, brouilard le matin.
22, brouillard.
23, neige et pluie.
26 et 27, brouillard, neige et forte bise.
28, très forte bise et brouillard.

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1904

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm +- 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	61.2	63.7	64.9	63.3	+ 3.0	60.8	65.1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	3	7	10	7	4.8	4
2	66.3	67.9	68.4	67.5	+ 7.1	66.0	68.5	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE 1	10	4	1	5	....	....
3	68.5	69.5	69.5	**69.2**	+ **8.7**	68.5	**69.9**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7	3	4	5	22.0	18
4	66.9	65.9	65.2	66.0	+ 5.5	65 0	67.5	NE. 1	NE. 1	NE 2	NE. 1	10	4	10	8	12.7	12
5	66.6	67.5	68.5	67.5	+ 6.9	65.6	68.6	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	7	7	8	....	....
6	66.9	67.0	66.2	66.7	+ 6.1	65.7	67.3	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	5	10	8	....	....
7	64.5	63.9	64.0	64.1	+ 3.4	63.4	65.0	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	6	10	10	9	17.5	18
8	63.7	65 2	67.0	65.3	+ 4.5	63.5	67.1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	12.5	10
9	67.2	67.5	67.7	67.5	+ 6.7	67.0	67.9	NE. 2	SW. 1	NE. 1	NE. 1	10	1	0	4	....	....
10	66.6	66.7	66.1	66.5	+ 5.6	65.7	67.1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	7	0	6	....	....
11	65.2	65.5	65.9	65.5	+ 4.5	65.0	66.2	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	0	1	0	....	....
12	65.5	65.9	65.9	65.8	+ 4.7	65.3	66.1	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	1	2	1	....	....
13	65.6	66.3	66.1	66.0	+ 4.9	65.3	66.7	SW. 3	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	12.0	9
14	67.1	68.4	68.1	67.9	+ 6.7	66.9	68.6	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	8.0	5
15	66.1	64.6	62.3	64.3	+ 3.0	61.5	66.5	SW. 3	SW. 4	SW. 4	SW. 4	4	7	10	7	....	....
16	60.9	62.5	63.7	62.4	+ 1.0	60.5	64.0	SW. 4	SW. 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	4.0	6
17	63.9	63.9	63.1	63.6	+ 2.1	62.9	64.1	SW. 2	SW. 2	NE. 1	SW. 2	6	10	10	9	5.7	4
18	62.6	63.0	63.0	62.9	+ 1.4	62.4	63.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	**38.5**	**32**
19	62.5	62.2	61.8	62.2	+ 0.6	61.0	62.9	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	11.7	....
20	60.9	61.6	62.1	61.5	− 0.2	60.5	62.5	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	4	6	10	7	....	....
21	62.6	63.7	63.9	63.4	+ 1.6	62.4	64.1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	6	8	8	....	....
22	63.2	61.4	61.3	62.0	+ 0.1	60.1	63.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	....	....
23	57.8	57.7	60.2	**58.6**	− **3.4**	**57.4**	61.3	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	8	4	10	7	4.5	....
24	62.5	62.7	64.0	63.1	+ 1.0	61.8	64.5	NE. 1	SW. 1	NE 2	NE. 1	0	1	10	4	....	....
25	65.2	63.0	63.2	63.8	+ 1.6	62.8	65.3	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	1	10	4	....	....
26	62.0	62.2	61.6	61.9	− 0.4	60.5	62.9	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	1.5	1
27	59.7	59.6	60.8	60 0	− 2.3	59.1	61.0	NE. 2	NE. 3	NE. 3	NE. 3	10	10	4	8	0.7	....
28	61.5	63.0	65.3	63.3	+ 0.9	61.2	65.8	NE. 3	NE. 2	NE. 3	NE. 3	10	2	8	7	....	....
29	65.9	67.2	67.7	66.9	+ 4.4	65.5	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	1	0	....	....
30	67.0	67.8	68.2	67.7	+ 5.1	66.8	68.7	NE. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	1	3	2	....	....
Mois	64.20	64.57	64.86	64.55	+ 2.92							7.0	5.9	7.3	6.8	156.1	119

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1904

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°		°	°						
1	- 9.0	- 2.5	- 3.4	- 5.0	+ 0.5	**-12.8**	- 1.6	63	75	88	75	48	90
2	- 7.1	- 3.8	- 8.0	- 6.3	- 0.9	- 8.3	- 3.2	87	73	38	66	27	90
3	- 4.4	+ 2.8	- 2.0	- 1.2	+ 4.0	- 7.8	+ 4.7	19	21	54	**31**	**15**	60
4	- 2.5	0.0	- 7 0	- 3.2	+ 2.0	- 7.2	+ 1.9	87	54	89	77	50	90
5	- 9.3	- 4.3	- 6.5	**- 6.7**	- 1.7	-10.4	- 4.1	89	79	84	84	65	91
6	- 3.5	+ 0.6	- 2.5	- 1.8	+ 3.1	- 7.5	+ 2.5	89	80	88	86	65	94
7	- 1.9	+ 2.6	- 3.2	- 0.8	+ 3.9	- 3.8	+ 3.1	77	56	87	73	50	93
8	- 6.2	- 2 7	- 2 6	- 3.8	+ 0 8	- 6.8	- 2.3	84	72	87	81	70	91
9	- 1.7	+ 1.3	+ 0.8	+ 0.1	+ **4.6**	- 2.4	+ 6.2	88	60	34	61	24	92
10	- 1.8	3.1	- 2.1	- 0.3	+ 4.1	- 2.2	4.3	85	56	33	58	20	90
11	- 3.4	1.9	- 2.2	- 1.2	+ 3.0	- 5.1	3.6	31	34	34	33	16	51
12	- 3.0	+ 1.8	- 1.5	- 0.9	+ 3.2	- 3.6	+ 1.2	19	29	80	43	18	91
13	- 1 4	- 0 5	- 0.4	- 0.8	+ 3.2	- 2.0	- 0.2	90	90	91	**91**	85	**95**
14	- 0.4	+ 0.5	+ 0.4	+ 0.2	+ 4.0	- 1.0	+ 1.2	90	90	90	90	65	92
15	+ 0.3	+ 1.4	- 0.2	+ 0.5	+ 4.2	- 0 1	1.6	65	73	90	76	56	92
16	- 1.3	- 0.2	- 0.5	- 0.7	+ 2.9	- 1.5	0.0	90	90	90	90	89	93
17	- 1.1	+ 0.1	- 1.8	- 0.9	+ 2.5	- 1.8	2.8	90	90	85	88	84	92
18	- 2.7	2.1	- 0.6	- 0.4	+ 2.9	- 2.8	3.6	75	61	80	72	55	89
19	- 1.0	0.5	- 1.7	- 0.7	+ 2.4	- 1.7	1.0	85	76	87	83	70	90
20	- 3.4	0.9	- 2.1	- 1.6	+ 1 4	- 3.6	2.4	79	76	87	81	63	93
21	- 1.7	6.2	- 0.6	+ 0.6	+ 3.5	- 2.5	6.6	85	47	80	71	46	89
22	- 1.6	1.8	- 1.2	- 0 3	+ 2.4	- 1.8	3.2	86	72	89	82	70	90
23	- 2.2	0.6	- 2.5	- 0.7	+ 1.9	- 2.9	3.2	88	64	78	77	58	90
24	- 2.7	5.2	- 2.8	0.0	+ 2.4	- 2.9	5.4	74	44	77	65	41	92
25	- 0.2	3.5	- 0.9	+ 0.8	+ 3.1	- 3.5	5.2	54	62	83	66	58	93
26	- 1.2	+ 1.1	- 3.2	- 1.1	+ 1.0	- 3.0	+ 1.7	84	78	81	81	52	91
27	- 5.2	- 3.7	- 7.4	- 5.1	- **3.4**	- 7.9	- 1.3	87	86	64	79	60	90
28	- 8.4	- 2.8	- 4.6	- 5 3	- **3.4**	- 9.1	- 1.3	81	59	82	74	53	88
29	- 2.2	+ 3.0	- 2.2	- 0.5	+ 1.2	- 5.2	+ 4.1	34	40	75	50	32	80
30	- 0.8	4.2	+ 0.6	+ **1 3**	+ 2.9	- 3.0	**7.6**	54	34	64	51	30	76
Mois	- 2.94	+ 0.82	- 2.41	- 1.52	+ 1.75	- 4.48	+ 2.21	74	64	76	71		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	65.84	66.48	66.75	66.36	77	63	68	69
2e »	64.03	64.39	64.20	64.21	71	71	81	75
3e »	62.74	62.83	63.62	63.07	73	59	77	70
Mois	64.20	64 57	64.86	64.55	74	64	76	71

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 4.74	— 0.29	— 3.65	— 2.90	— 3.08
2e »	— 1.74	+ 0.85	— 1.09	— 0.66	— 0.77
3e »	— 2.62	+ 1.91	— 2.48	— 1.06	— 1.42
Mois	— 2.94	+ 0.82	— 2.41	— 1.52	— 1.74

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{90}{61} = 1.48$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E.
Son intensité est égale à 3.2 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	78.1	73.6	119.6	156.1
Neige en centimètres....	0cm	0cm	15cm	119cm

SUR LA
RÉFRACTION DE LA TOURMALINE

PAR

Ch. SORET

(Suite et fin[1].)

IV

Mes mesures ont porté sur neuf cristaux de provenances inconnues pour la plupart différents de couleur et de dureté, mais dont les indices sont assez analogues. Il est clair qu'un choix plus systématique de mon matériel d'observation eût été préférable. En fait, j'ai abordé ce travail dans l'idée de vérifier simplement en quelques heures si mes cristaux présentaient de grosses anomalies ; je n'en ai pas trouvé, mais j'ai été entraîné à multiplier les mesures par le désir de me rendre compte de l'origine et du caractère de petites différences qui semblaient avoir une certaine régularité.

Pour chaque détermination, je fixais, par un nombre de pointés qui a varié suivant les cas, la division du cercle vertical correspondant à la limite de réflexion totale, d'abord pour un azimut donné du cercle hori-

[1] On ne lira pas sans une profonde émotion ces lignes, dont la rédaction a été brusquement interrompue par la maladie, suivie presque aussitôt par la mort foudroyante de leur auteur. Elles sont le suprême adieu de Charles Soret à une publication à laquelle le rattachaient les liens les plus étroits et un dévouement infatigable, adieu aussi à la science, qu'il a si fidèlement servie jusqu'au bout. — *Réd.*

zontal, puis pour le même azimut augmenté de 180°. Cette double opération était répétée identiquement en transportant la lunette de l'autre côté de la demi-boule, et de la différence des deux moyennes on déduisait l'indice.

Les indices ainsi obtenus ne sont qu'approximativement exacts en valeur absolue. La demi-boule était bien comparée de temps en temps à une lame de quartz, et son indice apparent était vérifié chaque fois qu'il y avait lieu d'admettre quelque changement dans son réglage ; mais l'angle limite du quartz étant autre que ceux de la tourmaline, il y aurait une correction à apporter pour que la comparaison soit rigoureuse.

Par contre, les indices obtenus dans une même série d'observations pour les divers azimuts paraissent très comparables. Leurs différences sont, d'après la manière dont ils sont calculés, la moyenne des valeurs différentielles obtenues indépendamment à gauche et à droite de l'appareil.

L'ensemble des observations faites dans les divers azimuts sans que le cristal fût enlevé ou déplacé dans l'intervalle et se rapportant par conséquent à un seul et même point du cristal, est désigné ci-dessous sous le nom de *série*. Pour de petites différences, les chiffres d'une même série peuvent être comparés entre eux, mais non à ceux d'une autre série.

V

Sections perpendiculaires à l'axe.

Sur la limite extérieure (rayon ordinaire) le plan de polarisation est perpendiculaire à la limite ; si le cristal

est uniaxe, on doit obtenir l'indice constant n_g dans tous les azimuts. S'il est biaxe l'indice oscille entre les valeurs n_g et n_m qui s'observent dans deux azimuts à angle droit.

Sur la limite intérieure (rayon extraordinaire) le plan de polarisation est parallèle à la limite. Dans tous les cas, si la surface d'onde est celle de Fresnel, l'indice a la valeur constante n_p. Si la face forme avec l'axe un angle θ différent de 90°, l'indice est n_p dans l'azimut perpendiculaire à la section principale, et $\varepsilon > n_p$ dans la section principale. On a

$$\varepsilon^2 = n^2_g \cos^2\theta \times n^2_p \sin^2\theta;$$

en admettant toujours $n_g = 1.64000$, $n_p = 1.62000$, cette formule donne pour $\theta = 89°$ $\varepsilon = 1.620006$; l'influence d'une petite erreur de position de la face est donc insensible.

Cristal I. — Tourmaline noire, lame à peu près perpendiculaire à l'axe, formant un triangle irrégulier d'environ 2 centimètres de côté. Surface très plane, taillée par MM. Steeg et Reuter. Cette lame est complètement opaque ; mais les faces latérales du prisme étant en partie conservées on a pu reconnaître au goniomètre que la normale fait avec l'axe cristallographique un angle de 17′ environ. Les azimuts étant rapportés à une origine arbitraire, mais fixe par rapport au cristal, la section principale correspond approximativement à l'azimut 135°-315°.

Une première étude de ce cristal a été faite à l'aide de mon réfractomètre à dispersion [1]. Le sulfure de car-

[1] Voir Ch. Soret, Sur un réfractomètre, etc. *Arch.*, 1883, **9**, 5; Recherches sur la réfraction dans les aluns cristallisés, *Arch.*, 1884, **12**, 553 ; — L. Perrot, Recherches sur la réfraction dans une série isomorphe de cristaux à deux axes, *Arch.*, 1891, **25**, 32.

bone employé comme liquide réfringent a des indices très peu supérieurs à ceux de la tourmaline. Aussi les mesures faites sous une incidence presque rasante, étaient-elles difficiles et très peu précises, surtout pour le rayon ordinaire. Elles ont porté sur la raie F du spectre.

La lumière était polarisée par un nicol avant son entrée dans le collimateur. La surface du cristal n'était pas diaphragmée et on opérait toujours sur sa partie centrale. Dans ces conditions il suffit de donner la moyenne des résultats obtenus dans cinq séries d'observation. Les mesures isolées présentent des différences qui sont absolument irrégulières et dont les valeurs extrêmes vont à 3 unités de la 4e décimale pour le rayon extraordinaire, à 7 pour le rayon ordinaire.

Réfractomètre Soret, raie F.

Azimut	Indice extraordinaire n_p	Indice ordinaire n_g
0°-180°	1.63016	1.65235
45°-225°	16	58
90°-270°	15	49
135°-315°	11	50

Les différences ne dépassent pas les limites des erreurs expérimentales, qui sont trop grandes sur le rayon ordinaire pour permettre une conclusion; l'accord sur l'indice extraordinaire est évidemment accidentel.

La même face a été étudiée ensuite pour la raie D au réfractomètre d'Abbe. Malheureusement la limite ordinaire, très vague malgré le nicol, et perdue dans les franges de Herschel, ne permet pas de mesures acceptables. On a seulement trouvé approximativement $n_g = 1.6454$.

Quand à la limite extraordinaire, elle paraît très fixe et ne subit pas de déplacement perceptible à l'œil quand on déplace le cristal sur la demi-boule de l'appareil.

Les séries II et III ont été faites à la suite l'une de l'autre, sans déplacer le cristal. La série I est indépendante.

Réfractomètre Abbe, raie D. — Indice extraordinaire n_p.

Azimut	I Sans diaphragme	II Diaphrag. 2mm	III Sans diaphrag.
135°-315°	1.62363	1.62363	1.62362
165°-345°	59	62	59
195°- 15°	51	61	60
225°- 45°	54	59	58
255°- 75°	56	55	50
285°-105°	62	51	55

Les séries suivantes ont été faites alternativement, dans l'ordre indiqué, dans le but de juger de l'influence possible d'un défaut de la demi-boule. Dans la première position le cristal était orienté comme précédemment, dans la deuxième position il était tourné de 90° sur la demi-boule. Les azimuts sont toujours comptés à partir de la même origine fixe sur le cristal.

Ordre des	1re position		Ordre des	2e position	
Séries	135°-315°	225°-45°	séries	135°-315°	225°-45°
III	1.62350	1.62343	I	1.62349	1.62352
V	55	53	II	59	64
VII	48	47	IV	50	53
VIII	65	57	VI	59	52
IX	61	54	X	63	56
			XI	57	64
Moyen.	1.62356	1.62351		1.62356	1.62355

En remplaçant le cristal par une lame de verre très plane on a trouvé, dans les deux azimuts rectangulaires, une fois 1.53108 et 1.53109, une autre fois 1.53106 et 1.53106.

Cristal II. — Tourmaline noire semblable à la précédente, taillée également par MM. Steeg et Reuter, et approximativement perpendiculaire à l'axe; l'erreur est d'environ 1°. Par suite d'une inadvertance, je ne puis raccorder les azimuts des deux points de départ des séries de mesures qui vont suivre, ni entre eux, ni avec l'azimut de la section principale.

Le cristal a été mesuré au réfractomètre d'Abbe (raie D) avec un diaphragme de 2^{mm} à l'objectif; les limites sont relativement nettes, l'ordinaire moins que l'autre comme toujours, et ne varient pas avec la pression exercée sur le cristal.

	I		II	
Azimut	n_g	n_p	Azimut	n_p
0°-180°	1.64389	1.62296	0°-180°	1.62302
45°-225°	88	291	45°-225°	307
90°-270°	87	298	50°-270°	299
135°-315°	86	309	135°-315°	298

Il semble y avoir dans ces deux cristaux une faible ellipticité de l'onde extraordinaire qui n'est pas suffisamment expliquée par les erreurs d'orientation des faces. Mais les différences tombent dans les limites des erreurs expérimentales, et les mesures ci-dessus sont tout-à-fait insuffisantes pour prouver leur existence.

Cristal III. — Tourmaline verte, de provenance inconnue, qui fait partie d'une pince à tourmalines du Cabinet de Physique de l'Université, et m'a été obligeamment prêtée par M. le prof. C.-E. Guye.

L'une des faces a été examinée d'abord à l'aide de mon réfractomètre à dispersion, après avoir été pourvue d'un diaphragme de papier noir percé d'une ouverture centrale de 3^{mm} de diamètre. Le tout était parfaitement réglé et centré de manière que l'observation dans les divers azimuts se fit dans des conditions aussi semblables que possible.

Il a été fait 9 séries pour la raie F, sur la même partie du cristal, celui-ci étant réglé à nouveau pour chacune, ainsi que le réfractomètre. Le plan de polarisation de la lumière incidente était parallèle à la limite. Les valeurs absolues des indices varient un peu d'une série à l'autre, mais la différence de deux indices rectangulaires d'une même série est toujours assez faible.

Plan de polarisation parallèle à la limite ; pour chaque série, on donne l'indice obtenu, ε quand le plan d'incidence est parallèle à la section principale, n_g quand il lui est perpendiculaire.

Réfractomètre Soret, raie F.

Séries	ε	n_g	Séries	ε	n_g
I	1.65081	1.65074	VI	1.65052	1.65052
II	49	65	VII	57	75
III	80	77	VIII	58	60
IV	56	62	IX	59	79
V	68	91	Moyenne	1.65062	1.65072

La même face au réfractomètre Abbe, avec un diaphragme de 2^{mm} à l'objectif, a donné pour la raie D

Réfractomètre Abbe, raie D.

Première position			Deuxième position		
Séries	ε	n_g	Séries	ε	n_g
III	1.64334	1.64337	X	1.64333	1.64340
IV	30	39	XI	27	1.64338
V	26	34	Moyenne	1 64330	1.64339
VI	39	43			
VII	29	46			
Moyenne	1.64332	1.64340			

Chaque série correspond à une région très limitée du cristal qui a dû varier un peu de l'une à l'autre. La petite différence n_g-ε est tout à fait conforme à ce qui a été trouvé avec l'autre réfractomètre et peut être due à une légère inclinaison de la face par rapport à l'axe. L'influence de la position de la lame sur la boule est insensible.

La face opposée de la même lame a donné

Réfractomètre Abbe, raie D.

Séries	ε	n_g	Séries	ε	n_g
1	1.64325	1.64324	4	1.64337	1.64335
2	38	34	5	50	41
3	33	30	6	46	45
			Moyenne	1.64338	1.64335

VI

Sections parallèles à l'axe.

Sur une face formant avec l'axe un petit angle θ, soit α l'angle du plan d'incidence et de la section principale. Si le cristal est uniaxe, pour $\alpha = 90°$, la limite extérieure constante du rayon ordinaire donne l'indice $\omega_1 = n_g$. le plan de polarisation est parallèle à la li-

mite; la limite intérieure, extraordinaire et variable, passe par un minimum et donne l'indice $\varepsilon_1 = n_p$; le plan de polarisation est perpendiculaire.

Pour $\alpha = 0°$, la limite ordinaire donne un indice $\omega = n_g$, mais est polarisée perpendiculairement; la limite extraordinaire, polarisée parallèlement, donne un indice ε, qui dépend de θ par la formule

$$\varepsilon^2 = n_g^2 \cos^2 \theta + n_p^2 \sin \theta$$

et se confond avec n_g pour $\theta = 0$.

En admettant comme précédemment $n_g = 1.64000$ et $n_p = 1.62000$, on trouve

Pour θ	1°	$\varepsilon =$ 1.63999
	2°	1.63994
	10°	1.63940

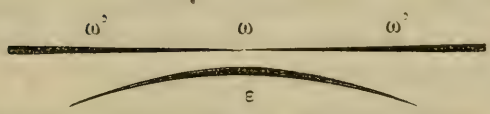


Fig. 4.

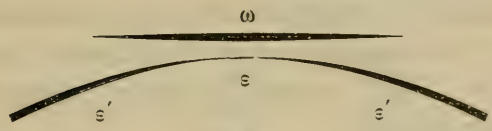


Fig. 5.

La disposition des limites observées avec un nicol dans le voisinage de la section principale est représentée schématiquement par la figure ci-dessus. La figure 4 suppose le plan de polarisation parallèle aux limites.

La limite ordinaire constante ω', ω, ω' s'évanouit graduellement et disparaît sur la section principale, tandis que l'extraordinaire apparaît graduellement et subsiste seule sur la section principale, où elle a son maximum ε. L'inverse a lieu figure 5, quand le plan de polarisation est perpendiculaire aux limites.

Si le cristal est uniaxe, on doit avoir $\omega = n_g$ et ε au plus égal à ω.

Si le cristal est légèrement biaxe, les choses se passent à peu près de même en pratique, malgré la complication des lois réelles. Seulement, suivant l'orientation de la face étudiée, il pourra arriver que la différence ε-ω soit positive et atteigne les valeurs n_g-n_m ; ou que la valeur de l'indice quasi ordinaire, mesuré perpendiculairement à la section principale, descende jusqu'à n_m et devienne plus petit que ω. Sur les faces obliques, les indices qui correspondent à ε et ω s'observent avec des polarisations obliques sur les maxima et les minima des limites situées dans deux azimuts différents, voisins de la section principale.

Les cristaux suivants ont été étudiés exclusivement avec le réfractomètre Abbe.

Cristal IV. — Tourmaline verte de provenance inconnue, dans laquelle j'ai taillé deux lames à peu près parallèles à l'axe, et dont les indices présentent une différence notable.

A. Première lame inclinée d'environ 1°40′ sur l'axe. Il a été fait d'abord plusieurs séries entre lesquelles le cristal a été souvent repoli, le plan de polarisation restant parallèle à la limite.

Séries	ε	n_g	Séries	ε	n_g
I	1.63852	1.63848	VII	1.63903	1.63890
II	866	863	VIII	859	888
III	863	849	IX	876	892
IV	905	887	X[1]	856	870
V	881	890	XI	884	876
VI	871	879	XII	884	877
			Moyenne	1.63875	1.63876

D'autres mesures ont été faites en tournant le nicol.

Plan de polarisation		Plan d'incidence	Indice	Série XIII	Série XIV
‖ à la limite	‖	à la sect. princip.	ε	1.63858	1.63870
⊥ »	‖	»	ω	1.63845	1.63858
‖ »	⊥	»	n_g	1.63878	1.63876
⊥ »	⊥	»	n_p		(1.62087)

La dernière série a été faite avec un diaphragme de 1^{mm}. La valeur de n_p est probablement incorrecte, peut-être par suite de quelque inadvertance dans l'orientation du plan d'incidence, et paraît trop élevée de six ou sept unités de la quatrième décimale. Une mesure spéciale faite ultérieurement a donné $n_g = 1.63852$, $n_p = 1.61992$, soit une biréfringence de 0,01860 comme pour le fragment B du même cristal. Cela supposerait pour la série XIV, $n_p = 1.62016$.

B. Deuxième lame, face inclinée de 0°,21′ sur l'axe.

	Série I	Série II
ε	1.64002	1.63992
ω	1.64005	1.63988
n_g	1.64001	1.63993
n_p		1.62139

[1] Pour les séries 10, 11, 12 j'ai déterminé, très grossièrement d'ailleurs, les courbures de la face dans les deux azimuts utilisés, j'ai trouvé les rayons de courbure suivants, comptés positivement quand la face est convexe :

Série 10,	‖ à l'axe -36^m,	⊤ à l'axe $+25^m$
» 11,	$+72$	$+10$
» 12,	$+24$	$+24$

Une vérification ultérieure de la biréfringence, avec un autre réglage de la boule, a donné la valeur concordante $n_g - n_p = 0.01849$.

Cristal V. — Petite tourmaline verte, de provenance inconnue, dans laquelle j'ai taillé une lame de 3×3^{mm} à peu près parallèle à l'axe (inclinaison 25′ environ). Trois séries dans diverses positions, diaphragme 2^{mm}.

Série I	Série II	Série III
1.64351	1.64346	1.64349
		1.64357
1.64355	1.64344	1.64352
		1.62324

Cristal VI. — Tourmaline vert foncé, de provenance inconnue, fragment allongé perpendiculairement à l'axe, assez homogène de structure, mais présentant à ses deux bouts (A et B) des teintes un peu différentes et des indices un peu différents également. Ce fragment a reçu d'abord deux faces perpendiculaires à l'axe qui ont permis de constater au stauroscope qu'il est très sensiblement uniaxe; la croix est assez régulière et se disloque seulement un peu près de l'un des bouts (B). On a taillé ensuite une face qui s'est trouvée inclinée de 7° environ sur l'axe, et sur laquelle on a fait les mesures au réfractomètre Abbe.

Bout A. Diaphragme de 2^{mm}. Plusieurs séries, entre lesquelles le cristal a été repoli superficiellement. Plan de polarisation parallèle à la limite.

Séries	ε	n_g	Séries	ε	n_g
I	1.64201	1.64219	IV	1.64182	1.64202
II	200	217	V	173	213
III	218	226	VI	211	228
			Moyenne	1.64197	1.64219

Puis deux séries en renversant la polarisation dans la section principale.

Séries	ω	n_g	n_p
I	1.64211	1.64220	
II		1.64231	1.62179

Bout B. Deux séries avec le diaphragme de 2^{mm} et le plan de polarisation parallèle à la limite.

Séries	ε	n_g
I	1.64277	1.64308
II	1.64308	1.64328

Puis une série complète avec le diaphragme de 1^{mm}, dans laquelle les lectures se sont trouvées remarquablement concordantes.

Azimut	Plan de polaris.	Plan d'incidence		
0°-180°	‖ à la limite	‖ à la sect. princip.	ε	1.64298
»	⊥ »	‖ » »	ω	1.64309
200°-200°	‖ à la limite	à + 20° »	ω'	1.64324
340°-160°	» »	à — 20° »	ω'	1.64323
90°-270°	» »	⊥ »	n_g	1.64318
»	⊥ à la limite	» »	n_p	1.62259

A l'un comme à l'autre bout du cristal, ε est plus petit que n_g de deux ou trois unités de la 4me décimale; cette difiérence est expliquée par l'inclinaison de 7° de la face sur l'axe. En prenant pour n_g la moyenne 1.64322 des valeurs n et ω' obtenues perpendiculairement à l'axe et à + 20° de la section principale et en faisant $\theta = 7°$ dans la formule $n = n^2_g \cos^2 \theta + n^2_p \sin^2 \theta$, on trouve en effet $n = \varepsilon = 1.64292$.

Cette dernière série de mesures est particulièrement intéressante. C'est la seule fois que j'aie obtenu des limites non pas parfaites, bien loin de là, mais suffisamment nettes pour montrer à la simple vue des

déplacements de 20 ou 30″, en même temps que l'angle de 7° formé par la lame avec l'axe permettait de suivre dans des conditions favorables la marche des limites aux environs de la section principale.

Cristal VII. — Tourmaline rose, provenance douteuse (Elbe?). Le fragment que j'ai eu entre les mains ne portait que quelques traces de ses faces naturelles. J'ai pu en extraire un morceau assez homogène et tailler une face approximativement parallèle à l'axe, sur laquelle j'ai obtenu les indices suivants.

	Série I	Série II	Série III	Série IV	Série V
ε	1.64026	1.64035	1.64005	1.64014	—
ω	—	1.64029	1.64000	1.64011	—
n_g	1.64035	1.64038	1.64011	1.64013	1.64001
n_p	—	—	1.62520	—	1.62507

Cette tourmaline est remarquable par sa faible biréfringence.

Cristal VIII. — Tourmaline de l'Ile d'Elbe, incolore à une extrémité, noire et opaque à l'autre.

A. J'ai détaché du bout transparent un fragment, sur lequel j'ai poli une face parallèle à l'axe, que j'ai examinée au réfractomètre d'Abbe, et qui m'a donné

	Série I	Série II
ε	1.64330	1.64326
ω	1.64323	
n_g	1.64326	1.64326

B. J'ai coupé ensuite sur le bout transparent du cristal une lame perpendiculaire à l'axe qui, au microscope polarisant, donne la croix un peu disloquée et variable d'un point à l'autre et la figure des cristaux biaxes près des bords.

C. Sur le cristal principal j'ai taillé une face à peu

près parallèle à l'axe (inclinaison 0°45′) sur laquelle j'ai obtenu.

		Bout clair	Bout noir
ε	1.64266	1.64317	1.65119
ω	.	1.64311	1.65123
n_g	1.64264	1.64318	
n_p	1.62216	1.62238	1.63051

J'ai constaté cette grande différence d'indices aux divers points de cristal par la méthode de la déviation minimum. J'ai taillé pour cela une seconde face, également parallèle à l'axe, j'ai couvert le prisme ainsi formé d'une couche de vernis noir dont j'ai enlevé près de chaque bout une bande transversale de 2^{mm} d'épaisseur sur chaque face. Le prisme étant ensuite réglé sur le spectromètre, je pouvais recevoir simultanément dans la lunette les rayons réfractés par ces deux régions au minimum de déviation. J'ai trouvé ainsi

Partie claire, angle réfringent 23°55′50″
déviation minimum pour n_p 34°28′5″
» » n_g 35°43′55″
d'où $n_p = 1.62272$, $n_g = 1.64309$.

Partie encore transparente près du noir, angle réfringent 23°56′0″
déviation minimum pour n_p 34°37′45″
» » n_g 36°2′40″
d'où $n_p = 1.62524$, $n_g = 1.64801$.

Les faces du prisme n'étaient d'ailleurs pas très planes, les images pas très bonnes, mais les deux séries de mesures ayant été faites simultanément dans un même réglage de tout l'appareil, leurs valeurs relatives doivent être approximativement exactes, et confirment les différences obtenues au réfractomètre.

Cristal IX. — Petite tourmaline jaune de l'île d'Elbe. J'ai taillé une face à peu près parallèle à l'axe (inclinaison 0°37′). Malgré un poli très satisfaisant, les limites sont mauvaises et varient notablement d'un point à un autre. J'ai trouvé

	A un bout	A l'autre bout
ε	1.64776	1.64682
ω	1.64777	1.64677
n_g	1.64785	1.64662
n_p	1.62350	1.62264

Charles Soret était occupé à terminer la rédaction de cette seconde partie[1] de son travail sur la réfraction de la tourmaline quand la maladie qui devait l'enlever l'a surpris. Comme on le voit, il ne lui restait plus qu'à tirer ses conclusions.

Nous avons préféré donner ce mémoire sous la forme incomplète sous laquelle l'auteur l'avait laissé et ne pas prendre la responsabilité de formuler des conclusions qui pourraient ne pas être exactement celles qu'il en avait tirées lui-même. — *Réd.*

[1] Première partie, voir *Archives*, mars 1904.

CONSTATATION

D'UNE

PYRORADIOACTIVITÉ

PAR

Thomas TOMMASINA

Communiqué à la séance du 2 juin 1904 de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Sur l'origine de la radioactivité deux hypothèses sont en présence; les uns supposent que les atomes des corps simples, comme c'est le cas bien connu pour les molécules de certains corps composés, soit des constructions non absolument stables; ils généralisent ainsi la conception qu'on s'est formée de l'atome du radium; d'autres, au contraire, attribuent toute radioactivité à des traces de radium éparpillées un peu partout, dans la terre, dans les eaux, dans l'air, enfin dans tous les corps. Les premiers pensent donc que tous les corps émettent continuellement plus ou moins de particules électrisées, et ils admettent que le pouvoir émissif d'un corps, tout en étant constant et caractéristique de la nature de son atome, peut être exalté par des actions mécaniques et par les agents physiques, chaleur, lumière, électricité et magnétisme.

Les faits nouveaux que j'ai l'honneur de vous pré-

senter, non seulement sont favorables à cette manière de voir, mais semblent proscrire l'autre hypothèse des traces de radium partout, à laquelle j'étais moi-même favorable. Aussi, je pense que ce sujet mérite d'attirer l'attention des physiciens, étant donnée la relation étroite incontestable qui le rattache aux notions fondamentales de la science.

De nombreuses expériences avaient déjà démontré qu'il y a des cas dans lesquels les émissions qui provoquent la déperdition électrique sont augmentées par certaines radiations, et que, ces émissions suivent souvent le chemin des rayons ou celui des lignes de force électriques, et peuvent être déviées partiellement par un champ magnétique.

D'autres expériences ont permis de reconnaître que lorsque ces émissions produisent une décharge également rapide, quel que soit le signe de la charge de l'électroscope, il y a dans ce cas une ionisation instable du milieu provoquée par des rayons analogues aux rayons de Röntgen ou aux rayons γ du radium. En effet, nos observations ont confirmé que si les rayons γ agissent seuls, la modification disparaît dès que l'émission de ces derniers rayons cesse dans le milieu [1].

L'étude de la déperdition électrique modifiée par la présence d'un fil métallique rougi par le courant, ou par une source quelconque de chaleur, a été poursuivie depuis une trentaine d'années par plusieurs physiciens, spécialement par MM. Elster et Geitel et par M. E. Branly, qui ont découvert des faits très impor-

[1] *Archives*, t. XVI, octobre, 1903, p. 462. C. R. de la 86e session de la Soc. hel. des Sc. nat. Comm. de MM. Ed. Sarasin, Th. Tommasina et F.-J. Micheli.

tants, mais cette étude ne semble pas avoir été reprise depuis la découverte faite par M. H. Becquerel de la radioactivité spontanée de la matière, donc au point de vue de la relation qui pouvait exister entre les deux phénomènes.

Au mois de janvier dernier, en faisant des expériences comparatives entre différents types de radiations, j'ai eu l'idée de tamiser le rayonnement du platine incandescent au travers d'un récipient en aluminium et j'ai constaté qu'une très faible partie du rayonnement semblait l'avoir traversé et possédait la propriété de décharger également l'électroscope quel que fût le signe de la charge, tandis que le rayonnement direct n'accélérait vivement que la déperdition des charges négatives.

Pendant l'étude de ces nouveaux rayons, intervenait toujours un fait dont je ne parvenais pas à établir la nature. Ce fait consiste en ceci, que dans chaque série d'observations successives, je constatais toujours la disparition très rapide et presque complète de l'action de la *pyroradioactivité* du platine sur la déperdition des charges positives. Or, ce sont précisément les recherches faites dans le but d'élucider ce fait mystérieux, qui m'ont amené à la découverte de la pyroradioactivité induite sur tous les corps[1], qui constitue une preuve indiscutable de l'existence des *pyrorayons*.

Ces nouvelles recherches ont donc porté sur la déperdition électrique unipolaire, produite par un fil métallique chauffé au rouge par le courant et placé, soit parallèlement au disque unique et vertical d'un

[1] *C. R.* t. CXXXVIII. Séance du 9 mai 1904, p. 1157.

électroscope, soit entre les deux plateaux d'un condensateur, l'un relié au sol, l'autre à l'électroscope, soit même, selon le cas, d'une façon quelconque hors des plateaux et à la distance de plusieurs décimètres. Ces recherches m'ont permis d'établir les résultats que voici :

1. L'action de décharge qu'on avait cru unilatérale ne l'est jamais d'une manière absolue ; au contraire, même aux plus basses températures actives, tous les métaux agissent sur les deux électrisations, mais la différence entre les deux actions est généralement très grande.

2. Cette différence d'action, qui dépend du signe de la charge, augmente avec la durée du passage du courant pour les métaux qui produisent une déperdition plus rapide de l'électrisation négative, comme c'est le cas du fer, du platine et du cuivre; tandis que cette différence diminue pour les autres métaux, tels que l'argent et le zinc dont l'activité maxima est de signe contraire.

3. Un fil de fer zingué produit, pendant quelque temps, une déperdition plus rapide de la charge positive, puis la différence avec la déperdition négative diminue, s'annule, augmente dans l'autre sens et devient identique à celle du fer pur, ce qui est dû, évidemment, à la disparition de tout le zinc. Le laiton et le maillechort n'agissent point de cette façon, leur action semble être toujours du même signe que celle du zinc [1].

[1] Je viens de rencontrer des laitons dont la pyroradioactivité présente la même série de modifications que le fer zingué. (Note de l'auteur).

4. Si l'on fait croître l'intensité du courant, la différence, caractéristique pour chaque métal, entre les deux déperditions tend à disparaître. En effet, lorsqu'on arrive à l'incandescence très vive ou à la fusion partielle du fil, les deux déperditions sont sensiblement égales, pendant que la radioactivité acquiert une valeur maxima. Si l'on coupe le fil avant l'action, la décharge disruptive qui a lieu ensuite dans la coupure, produit une déperdition égale quel que soit le signe de la charge de l'électroscope et quel que soit le métal du fil. Ceci montre que ces résultats ne sont point attribuables aux rayons ultraviolets, lesquels d'ailleurs, comme l'on sait, ne provoquent directement que la décharge des métaux polis et électrisés négativement.

5. *La radioactivité d'un fil métallique quelconque chauffé au rouge par le courant diminue immédiatement, selon une courbe asymptotique, mais il suffit de frotter légèrement le fil entre deux doigts, ou de le laisser en repos pendant quelque temps pour qu'il manifeste de nouveau sa radioactivité maxima.* Ainsi, par exemple, avec un fil d'argent, l'on a :

	Déperdition positive.	Déperdition négative.
Pendant les premières 10 s. . .	360 divis.	38 divis.
» les 10 s. suivantes . .	33 »	10 »
» » » . . .	5 »	3 »
» » » . .	2 »	1,5 »

Le platine, dont la déperdition maxima est la négative, manifeste aussi une même chute de radioactivité, mais seulement, comme j'ai dit plus haut, de la déperdition positive, tandis que la négative semble rester sensiblement constante, ainsi que cela a lieu avec le cuivre.

Voici quelques séries de lectures qui montrent très nettement ces différences :

Avec un fil de cuivre.

Déperdition négative . .	190	175	170	165	169	172
» positive . .	59	43	27	18	14	13
Série des différences . .	131	132	143	147	155	159

Avec un fil de laiton.

Déperdition négat. . .	90	65	48	29	21	22	21
» posit. . .	360	191	112	100	72	38	27
Série des différ. . . .	270	126	64	71	51	16	6

6. *Lorsque la radioactivité du fil est devenue très faible, si l'on interrompt le courant on constate que le fil reste quelque temps radioactif; si on le frotte il perd presque complètement cette propriété, qui disparaît d'ailleurs d'elle-même, après un temps qui varie selon la nature du fil et selon la durée et l'intensité du courant utilisé précédemment.*

En entourant le fil d'un manchon en verre ou en aluminium, ce dernier isolé ou relié au sol, le manchon acquiert un pouvoir radioactif propre, pouvoir qui est acquis aussi par des écrans de substances quelconques.

Ce phénomène semble avoir une relation très étroite avec celui découvert par MM. Elster et Geitel, lesquels ont constaté qu'un fil métallique relié pendant quelques heures au pôle négatif d'une bobine d'induction ou d'une batterie d'accumulateurs de 600 volts et frotté vivement avec une peau, laisse sur cette dernière une substance qui se montre radioactive par son action électrique et photographique, car elle agit sur une plaque sensible même au travers d'une feuille d'aluminium et de papier noir[1].

[1] *Archives*, t. XIII. Février 1902, p. 121.

Mes expériences pour reconnaître les trois émissions typiques α, β et γ de la pyroradioactivité ont été faites spécialement en utilisant le fil de platine, qui se prête mieux pour obtenir des températures plus élevées.

Je peux résumer les résultats que j'ai obtenus de la manière suivante :

L'émission α est arrêtée même par les écrans plus minces de nature quelconque, mais dans l'air libre elle semble se diffuser avec une tendance très marquée à suivre les lignes de force électrique et transporte toujours une charge positive.

L'émission β traverse des écrans très minces en papier ou en aluminium, lesquels en absorbent une grande partie et prennent une électrisation négative. On peut constater ce fait très facilement avec un simple écran en papier buvard déchiré d'un côté ; après l'action, on voit que les filaments de la déchirure sont tendus et se repoussent les uns les autres, si l'on approche alors un bâton de cire à cacheter frotté, on les voit fortement repoussés.

Les pyrorayons γ ionisent fortement l'air, produisent la même décharge de l'électroscope, quel que soit le signe de sa charge, et peuvent traverser le carton, le bois, les métaux en lames minces ; mais leur pouvoir de pénétration est beaucoup plus faible que celui des rayons γ du radium. Ils produisent une fluorescence induite sur les écrans au platino cyanure de baryum, qui est très faible, tandis que la partie luminescente prend immédiatement une couleur brune. Ces rayons sont émis en plus grande quantité par le fil de platine incandescent et par les décharges disruptives entre fils métalliques quelconques, ces dernières produisent

aussi la radioactivité induite plus énergique et plus durable.

Je n'ai pas encore étudié l'action photographique des pyrorayons, ni celle qu'ils produisent probablement sur d'autres substances fluorescentes; aussi je ne peux encore rien affirmer sur leurs propriétés spéciales. En attendant, il me semble que la pyroradioactivité décèle l'origine vraie de l'électricité de contact, dont la théorie, comme l'on sait, est encore très discutée.

Il est très probable que le pouvoir ionisant des flammes est dû à leur pyroradioactivité, ce qui trouve un appui dans le fait que j'ai reconnu qu'un filament de charbon de lampe à incandescence tendu entre deux serrefils à la pression atmosphérique et chauffé au rouge faible par le courant, se comporte comme les fils métalliques de la catégorie du cuivre, sa déperdition maxima étant la négative.

Certainement l'oxydation joue un rôle important dans les précédents phénomènes, mais je suis convaincu que ce n'est pas l'oxydation qui peut les expliquer, et, qu'au contraire, c'est la radioactivité des corps qui nous fera découvrir la cause primaire électronique, non seulement de l'oxydation, mais des affinités chimiques.

DÉTERMINATION DE LA VARIATION RÉSIDUELLE

DU

IIe MODULE D'ÉLASTICITÉ D'UN FIL D'INVAR

SOUMIS A DES

CHANGEMENTS DE TEMPÉRATURE

PAR

A. FORNARO et Ch.-Eug. GUYE[1]

(Avec la planche II.)

INTRODUCTION

Les applications importantes auxquelles les aciers-nickel ont donné lieu, nous ont engagés à commencer l'étude expérimentale de la variation résiduelle du module d'élasticité de ces alliages sous l'influence des changements de température.

Comme ces variations résiduelles sont toujours petites, nous avons employé une méthode très sensible, basée sur l'observation des coïncidences de deux fils identiques, oscillant sous l'action de la torsion, et nous avons recherché avant tout dans le dispositif expéri-

[1] Comptes rendus des séances de la Société de physique de Genève, 1903. *Archives des Sc. phys. et nat.*

mental à éliminer les causes perturbatrices qui auraient pu masquer l'effet à mesurer.

La méthode des coïncidences permet en effet, si l'on connaît la durée d'oscillation d'un des fils, de déterminer avec une grande exactitude la durée d'oscillation de l'autre. Ou si l'un des fils reste pendant toute la durée de l'expérience dans les mêmes conditions, on peut obtenir avec une grande approximation le rapport $\frac{\tau'}{\tau}$ des durées d'oscillation.

Résumons à ce propos le principe de la méthode des coïncidences, tel qu'il a été discuté par M. Bichat[1].

Supposons deux disques suspendus à des fils et qui oscillent avec des durées peu différentes. Si l'un des disques fait une oscillation, l'autre en fera $1 + \frac{p}{q}$. Dans le cas le plus général, $\frac{p}{q}$ est une fraction irréductible. On peut alors montrer que si l'on a eu une première coïncidence, il y en aura une seconde au bout de n oscillations si $n = 2q, 4q \ldots\ldots 2kq$.

La différence Δ des nombres d'oscillations entre deux coïncidences successives sera égale $\Delta = 2p$.

Si l'on peut mettre la fraction $\frac{p}{q}$ sous la forme $\frac{1}{f}$, la différence Δ entre les nombres d'oscillations exécutées par les deux disques se réduit à $\Delta = 2$. Si la fraction $\frac{p}{q}$ est très faible, c'est-àdire si p est petit par rapport à q et que l'on suppose $p = 1$ (ce qui revient à poser $\frac{p}{q} = \frac{1}{f}$), c'est-à-dire si l'on prend $\Delta = 2$ au

[1] *Journal de physique*, 1874, t. III, 1re série, p. 369.

lieu de $\Delta = 2p$, on commettra une erreur relative $\frac{2p-2}{2q} = \frac{p-1}{q}$ d'autant plus faible que p sera plus petit par rapport à q.

Nous avons supposé jusqu'à présent qu'il y avait une première coïncidence. Mais cela n'arrive pas toujours. En effet, soit λ la différence de marche quand le premier disque passe par la position d'équilibre et soit δ la quantité dont se rapproche à chaque oscillation le second disque, dont la vitesse est la plus grande. Il faut pour qu'il y ait coïncidence au bout de n oscillations, que l'on ait $n\delta = \lambda$, n étant entier λ doit être un multiple de δ, ce qui n'arrive pas toujours. Mais si δ est très petit, au bout d'un certain nombre d'oscillations λ sera si petit que l'on ne pourra plus l'apprécier, même avec une lunette. Si δ n'est pas très petit, on admettra qu'il y a coïncidence lorsque λ est minimum. On peut donc admettre qu'au point de vue expérimental il y a toujours coïncidence.

L'erreur que l'on peut commettre était du reste, dans le cas de nos expériences, très petite, comme nous le verrons plus loin.

I. Sensibilité de la méthode employée et discussion des causes d'erreur

§ 1.

Soient deux systèmes dont les durées d'oscillation simples sont respectivement τ et τ' à une température initiale donnée; et soit n le nombre des oscillations simples de l'un des systèmes, entre deux coïncidences successives, nous aurons

$$n\tau' = (n+2)\tau \qquad (1)$$

Portons l'un des fils, pendant un certain nombre d'heures, à une température plus élevée, et après l'avoir ramené à la température initiale, observons à nouveau les coïncidences avec l'autre fil (dit fil de comparaison), la température de ce dernier fil ayant été soigneusement maintenue constante pendant toute la durée de l'expérience.

Si le module du premier fil a été altéré par le recuit, cette seconde expérience fournira une deuxième relation :

$$n_1 \tau'' = (n_1 + 2) \tau \qquad (2)$$

d'où

$$\frac{\tau'}{\tau''} = \frac{(n + 2) n_1}{(n_1 + 2) n} \qquad (3)$$

Cette relation montre que la sensibilité peut être très grande, à la condition que la durée d'oscillation du fil de comparaison soit restée rigoureusement la même. Dans nos expériences, la valeur de n était environ 500. Si l'on fait $n_1 = 502$, on voit qu'une différence d'une oscillation double n'entraîne qu'une variation très petite du rapport $\frac{\tau'}{\tau''}$, lequel devient 0,999984.

§ 2.

La sensibilité de la méthode est en réalité limitée par différentes circonstances et en particulier par le fait que la moindre variation de la durée d'oscillation τ du fil de comparaison peut introduire une erreur du même ordre que la variation résiduelle qu'il s'agit de mesurer.

C'est pour diminuer autant que possible cette erreur que les deux fils ont été choisis identiques ; ils ont été coupés à la suite l'un de l'autre dans la même bobine ;

en outre, ils étaient disposés symétriquement à l'intérieur d'un manchon à double enveloppe, les deux manchons pouvant être parcourus par le même courant d'eau. Dans ces conditions, les causes extérieures et particulièrement une petite différence de la température du courant d'eau dans les deux expériences, n'entraîne qu'une erreur négligeable sur la variation résiduelle relative du module exprimée par la relation

$$\delta = \frac{G'' - G'}{G'} = \left(\frac{\tau'}{\tau''}\right)^2 - 1 \qquad (4)$$

G désignant le 2e module d'élasticité, déduit des formules

$$\tau' = \frac{B}{\sqrt{G'}}$$

$$\tau'' = \frac{B}{\sqrt{G''}}$$

Substituons en effet à la relation (1), par exemple, l'expression :

$$n(\tau' + \varepsilon) = (n + 2)(\tau + \varepsilon) \qquad 1'$$

ε étant la variation très petite de la durée d'oscillation (la même pour les deux fils) due aux causes perturbatrices extérieures agissant symétriquement sur les deux fils ; on a, tout calcul fait pour le rapport $\frac{1'}{2}$

$$\left[\frac{\tau'}{\tau''}\right] = \frac{\tau'}{\tau''} + \frac{2\,\varepsilon\, n_1}{n\,(n_1 + 2)\,\tau} \qquad (3')$$

Le premier terme étant voisin de l'unité, le second, très petit et se réduisant approximativement à

$$\frac{2\,\varepsilon}{n\,\tau}$$

Si l'on substitue dans (4) la valeur 3', on obtient, en négligeant les termes très petits

$$\delta_1 = \delta - \frac{\tau'}{\tau''} \cdot \frac{4\,\varepsilon}{n\,\tau}$$

Dans nos mesures n était environ 500. D'autre part, ε était égal à $-\,0{,}0003\,\tau$ pour une différence de température de 1° entre les deux expériences.

Cette valeur de ε peut se calculer comme suit :

La durée d'oscillation τ est donnée par la formule

$$\tau = \frac{B}{\sqrt{G}}$$

Désignant par α la variation de G et par ε la variation de τ sous l'influence de la température, on a

$$\tau + \varepsilon = \frac{B}{\sqrt{G+\alpha}}$$

$$\varepsilon^2 + 2\,\varepsilon\,\tau + \left[\tau^2 - \frac{B^2}{G+\alpha}\right] = 0$$

En résolvant l'équation, il vient

$$\varepsilon = -\,\tau \pm \sqrt{\frac{B^2}{G+\alpha}}$$

Dans nos expériences, on avait pour une élévation de température de 1° $\alpha = 0{,}0006$ G.

En introduisant cette valeur, il vient

$$\varepsilon = -\,\tau \pm \frac{B}{\sqrt{G}}\;\frac{1}{\sqrt{1{,}0006}} = -\,0{,}0003\,\tau$$

La plus grande différence de température constatée étant de 0°,2, l'erreur absolue résultant de ce fait était approximativement

$$\frac{0{,}00024}{500} = 0{,}00000048$$

or, la plus petite valeur de δ était 0,000554.

§ 3.

Passons maintenant au calcul des autres causes d'erreur.

On sait que la durée d'oscillation simple pour un disque suspendu à un fil est

$$\tau = \sqrt{\frac{2\pi . Kl}{G . r^4}}$$

où K représente le moment d'inertie du disque, l la longueur du fil, r son rayon et G le 2e module d'élasticité. Si le deuxième fil est à une autre température que le premier, on a

$$\tau' = \sqrt{\frac{2\pi . K'l'}{G' r'^4}}$$

Pour étudier les variations de G avec la température, il nous faut le rapport $\frac{\tau'}{\tau}$, qu'on obtiendra par les coïncidences. On a :

$$\frac{\tau'}{\tau} = \sqrt{\frac{G}{G'}} \sqrt{\frac{K' l' r^4}{K l r'^4}} = \frac{n+2}{n}$$

Si l'on veut obtenir le rapport $\frac{G}{G'}$ avec une grande approximation, il faut que le produit des quotients $\frac{K'}{K}$, $\frac{l'}{l}$, $\frac{r^4}{r'^4}$ reste invariable.

Influence de la variation du moment d'inertie.

Comme les deux disques étaient toujours à peu près à la même température et qu'ils étaient les deux en

laiton, ils se dilataient également ; le rapport des moments d'inertie restait à peu près le même. La température au voisinage des deux appareils ne différait pas de plus de 3° au maximum ; il nous faut donc chercher quelle est l'augmentation du moment d'inertie de l'un des disques pour cet écart de température. Évidemment, le disque et l'anneau employé comme surcharge pouvaient seuls fournir une variation du moment d'inertie de quelque importance. Les autres pièces sont trop petites ou trop près de l'axe de rotation pour qu'on ait besoin de les prendre en considération dans les corrections. (Voir description détaillée de l'appareil, p. 608.)

Le moment d'inertie du disque est donné par la formule

$$K_1 = P \frac{a^2}{2}$$

où P représente la masse exprimée en grammes, et a son rayon en centimètres.

$$\text{La masse } P = \pi r^2 h d.$$

$r = 8$ cm. $h = 0{,}3$ cm. (épaisseur) $d = 8{,}4$ (densité du laiton)

En effectuant le calcul, on trouve

$$K_1 = 16213{,}7 \text{ gr. cm.}^2$$

Cherchons maintenant la variation avec la température.

Le rayon qui était a devient $a(1 + \alpha t)$. Si l'on suppose $t = 1°$ et $\alpha = 0{,}000019$ (laiton), on a :

$$a(1 + \alpha) = 8{,}000152$$

et le moment d'inertie $K'_1 = 16214{,}3$ gr. cm².

La variation pour 1° est donc 0,6 gr. cm² ; pour 3° (max), elle est 1,8 gr. cm².

Calculons maintenant le moment d'inertie de l'anneau, il est donné par l'expression

$$K_2 = \frac{P}{2}(r_1^2 + r_0^2)$$

et la masse $P = \pi (r_1^2 - r_0^2)\, h.\, d.$

$r_1 = 8$ cm. $r_0 = 6$ cm. $h = 0{,}4$ cm. $d = 8{,}4$

on obtient $K_2 = 19278{,}2$ gr. cm².

La variation pour 1° se calculera comme précédemment, et l'on trouve

$$K'_2 = 19278{,}7 \text{ gr. cm}^2.$$

Différence pour 1° = 0,5 gr. cm².

» » 3° (max) = 1,5 gr. cm².

Le moment d'inertie total de l'appareil est donc :

Disque.....	$K_1 = 16213{,}7$	gr. cm².
Anneau.....	$K_2 = 19278{,}2$	»
Accessoires, environ..	250—	»
	$K = 35741{,}9$	gr. cm².

La variation maximum du moment d'inertie est donc 1,5 + 1,8 = 3,3 gr. cm² sur 36000 gr. cm² environ, ce qui fait moins de $^1/_{10000}$. Il est par conséquent inutile d'effectuer une correction pour le moment d'inertie, d'autant plus que cet écart de température ne subsistait généralement que peu de temps et seulement lorsque l'un des fils était porté à haute température.

Influence de la dilatation du fil.

Nous allons maintenant chercher quelle est la variation de longueur du fil chauffé et la grandeur de la correction qu'elle comporte. Le fil qui nous a servi dans nos expériences était en invar (acier nickel à 36 °/₀

nickel). Le coefficient de dilatation moyen entre 0° et t° est, d'après M. Ch.-Éd. Guillaume[1], environ $1,35.10^{-6}$ [$(1,2$ à $1,5)\ 10^{-6}$]. On aura donc pour la longueur à t° :

$$L_t = L_0\,(1 + 0,00000135\ t)$$

Le fil était maintenu dans les conditions normales à 29°, et il a été chauffé au maximum à environ 99° ; l'écart de température est donc de 70°. La longueur était à peu près 90 cm. Nous aurons par conséquent :

$$L_{99^\circ} = L_{29^\circ}\,(1 + 0,00000135 \times 70)$$
$$L_{99^\circ} = 90\ .\ 1,0000945 = 90,0085$$

la variation de longueur n'est donc que d'environ $^8/_{100\,000}$, trop petite pour entrer en ligne de compte.

Il nous faut encore déterminer l'augmentation du rayon du fil par la dilatation :

$$r_{99^\circ} = r_{29^\circ}\,(1 + \alpha\ t)$$

ou

$$r^4_{99^\circ} = r^4_{29}\,(1 + 4\ \alpha\ t)$$

approximativement

$$t = 70^\circ \qquad \alpha = 1,35\ .\ 10^{-6}$$
$$r^4_{99^\circ} = r^4_{29^\circ}\ 1,00038$$

à peu près $^4/_{10000}$.

Mais cette erreur agit en sens inverse des précédentes, provenant de la variation du moment d'inertie et de l'allongement du fil. En effet, notre formule était

$$\frac{\tau'}{\tau} = \sqrt{\frac{G}{G'}} \cdot \sqrt{\frac{K' l' r^4}{K\ l\ r'^4}}$$

[1] *Archives des sciences phys. et nat.*, 1903, p. 258.

Si nous introduisons les valeurs trouvées pour les corrections, on a :

$$\frac{\tau'}{\tau} = \sqrt{\frac{G}{G'}} \cdot \sqrt{\frac{K'.\,l'\,r^4}{K.\,l.\,r'^4}} \cdot \sqrt{\frac{1.0001\,.\,1,0001}{1,00038}}$$

ou, tout calcul fait :

$$\frac{\tau'}{\tau} = \sqrt{\frac{G}{G'}} \cdot \sqrt{\frac{K'.\,l\,r^4}{K.\,l.\,r'^4}} \cdot 0,99990$$

et l'on voit que l'erreur totale provenant de la variation de la température est assez petite pour qu'on puisse la négliger, même dans le cas du chauffage à 99°, et à plus forte raison pour les mesures à la température ordinaire, la température des deux fils étant très peu différente.

Influence de l'amortissement.

Nous avons également cherché si l'amortissement pouvait avoir une influence notable sur la durée d'oscillation en calculant quelle aurait été la durée d'oscillation du disque non amorti.

Le décrément logarithmique du système oscillant est :

$$\lambda = lg\,\frac{a_n}{a_{n+1}} \quad \text{pour} \quad \begin{array}{l} a_n = 251 \text{ divisions} \\ a_{n+1} = 250 \quad » \end{array}$$

on a

$$\Lambda = lg_{\text{nat.}}\,\frac{a_n}{a_{n+1}} = 2,3026\,\lambda.$$

et la durée d'oscillation amortie est

$$T = \tau\sqrt{1 + \frac{\Lambda^2}{\pi^2}}$$

où τ est la durée d'oscillation non amortie. Tout calcul fait, on trouve :

$$T = \tau \sqrt{1,000002} = 1,000001\,\tau$$

D'ailleurs, l'amortissement des deux disques était sensiblement le même ; il n'y a, par conséquent, pas lieu de s'occuper de cette correction.

II. Description détaillée de l'appareil

L'appareil qui nous a servi à effectuer les mesures est représenté par le schéma général de la figure 2, Pl. II.

Les fils d'invar étaient suspendus à une tige d'acier (a) (fig. 1). Celle-ci était vissée à une roue dentée (r_1) qu'on pouvait faire tourner au moyen d'une vis tangente (r_2). Le tout était solidement fixé à une console en fer (c) encastrée dans le mur. Ce mode de suspension (le même pour les deux appareils) permettait d'effectuer facilement le réglage des fils, c'est-à-dire de ramener les miroirs (M) dans deux plans parallèles en tournant tout le système d'un petit angle au moyen de la vis tangente. Le fil passait ensuite dans un manchon métallique à double enveloppe (T) dans lequel on pouvait faire circuler soit de l'eau à température constante, soit un courant de vapeur. Ces tubes étaient en laiton et brasés à leurs extrémités.

Le manchon avait une longueur d'environ 98 cm. ; le diamètre du tube extérieur était de 5 cm., le diamètre intérieur de 1,8 cm. A l'extrémité inférieure du manchon était brasé un tube de raccord (e_2) par lequel entrait l'eau ou la vapeur. Aux deux tiers environ de la hauteur, on avait ménagé une ouverture, fermée par une plaque de verre (f) qui permettait d'observer un

thermomètre (t) placé à l'intérieur du manchon. Ce thermomètre était suspendu par un fil métallique à un petit bouchon de liège qu'on enfonçait dans une ouverture (o) pratiquée à l'extrémité supérieure du manchon. On pouvait descendre ce thermomètre jusqu'au fond du tube, puis le ramener rapidement devant la fenêtre (f). Nous n'avons pu constater par ce procédé aucun écart de température aux différentes hauteurs dans le manchon. A la même extrémité que (o) se trouvait un second raccord (e_1), qui servait à l'écoulement de l'eau ou à l'échappement de la vapeur. Le manchon, à l'intérieur duquel était suspendu le fil qui devait être chauffé, était entouré de trois couches de feutre pour éviter la déperdition de chaleur.

A l'extrémité inférieure de chacun des fils en expérience était suspendu un disque de laiton de 16 cm. de diamètre et de 3 mm. d'épaisseur (fig. 3). Pour augmenter le moment d'inertie du disque sans trop charger le fil, on y fixait au moyen de deux goupilles diamétralement opposées (gg) et légèrement coniques, un anneau de laiton (a) de 2 cm. de largeur, de même diamètre extérieur que le disque et de 4 mm. d'épaisseur. Cette surcharge nous permettait d'obtenir des durées d'oscillation relativement longues, par conséquent une faible vitesse et un amortissement régulier très petit. L'axe du disque avait une longueur de 10 cm. et un diamètre de 8 mm. Le moment d'inertie de cette pièce était très petit par rapport à celui du disque ou de l'anneau. A la partie supérieure de l'axe se trouvait une fente (f) dans laquelle l'extrêmité inférieure du fil était serrée au moyen d'une vis (v_1). A la partie inférieure on avait limé une encoche oblique dans laquelle

se mouvait une petite plaque portant le miroir (M), constamment appuyé par un ressort contre la vis (v_2) ; cette dernière permettait ainsi d'incliner le miroir à volonté.

La circulation de l'eau dans les manchons était effectuée par une turbine (*Tu*, fig. 2) actionnée par un petit moteur alternatif $^1/_{10}$ HP (A) branché sur le réseau de lumière de la ville. Le rapport des poulies était choisi de façon à donner à la turbine une vitesse d'environ 1400 tours. Elle débitait alors à peu près un $1^l,2$ par minute. Chaque manchon ayant une capacité de $1^l\,^3/_4$ environ, l'eau se renouvelait entièrement dans chaque tube en 1 minute $^1/_2$.

L'eau de la turbine était puisée dans un réservoir (B, fig. 2) qui contenait plus de 35 litres. Un thermomètre indiquait la température, qui demeurait constante, grâce au dispositif de réglage de la figure 5.

Voici le détail de ce dispositif : Dans la cuve (B) plonge un tube en U (H) rempli d'une solution à 10 $^0/_0$ de chlorure de calcium ; ce tube était soudé à sa partie supérieure à un second tube en U (D), dont l'une des branches pouvait se fermer au moyen d'un robinet (R). Ce dernier tube était partiellement rempli de mercure. Un petit cylindre en fer (*m*), muni à sa partie supérieure d'un fil de platine (F), flottait sur le mercure. Ce fil était guidé dans sa course par un tube capillaire (*n*). Au-dessus se trouvait une petite plaque de platine (P) soudée à une vis qui permettait de rapprocher ou d'éloigner cette plaque de l'extrémité du fil (F) ; l'écrou fixe dans lequel se meut cette vis n'est pas représenté sur la figure. De la borne (O) partait un fil de platine soudé dans le verre et faisant contact avec le mercure.

Les points (P) et (O) étaient reliés aux bornes d'un petit électro-aimant (E). Dans le circuit étaient intercalés deux accumulateurs (A).

Le chauffage de l'eau se faisait par une lampe (L) [de 32 bougies] placée dans un manchon en métal mince qui pénétrait à l'intérieur de la cuve (B). La lampe était reliée, d'une part, à l'une des bornes du courant de la ville (*g*), et d'autre part, au fil (*d*) qui aboutissait à un godet de mercure.

Dans ce godet pouvait plonger l'une des extrémités d'une pièce de fer doux (GG), à laquelle était soudée une pointe de platine (*c*). Enfin, de (*z*) partait un fil qui allait rejoindre l'autre borne du courant de la ville (*h*).

Lorsque la pointe (*c*) plongeait dans le mercure, la lampe (L) s'allumait et chauffait l'eau du réservoir (B). Quand l'eau avait atteint la température voulue, on fermait le robinet (R). La lampe continuant à chauffer, le liquide dans le tube (H) se dilatait, poussait le mercure, qui relevait le curseur (*m*) jusqu'au contact avec la plaque (P). Le circuit de l'électro-aimant (E) étant alors fermé, le mouvement de l'armature (GG) produisait la rupture du courant en (*c*) et l'extinction de la lampe. Par suite du refroidissement, le liquide se contractait en (H); il en résultait une descente du curseur (*m*), qui coupait à son tour en (P) le circuit de l'électro-aimant. La pointe (*c*) retombait alors dans le mercure, et le réglage continuait ainsi de suite. Ce thermostat nous a permis de maintenir très constante la température pendant toute la durée de l'expérience (28 jours consécutifs). La plus grande variation constatée a été de de 0°,5, et pendant la durée des mesures de coïncidences elle n'a jamais dépassé 0°,2.

Les deux disques oscillants, placés l'un devant l'autre, étaient protégés contre les courants d'air et les influences extérieures par une caisse en bois, fermée par une glace à faces parallèles. La hauteur des miroirs était réglée de façon à ce que le bord inférieur de l'un et le bord supérieur de l'autre se trouvassent sur une même ligne horizontale (fig. 3). A 2^m50 environ des miroirs étaient disposées horizontalement deux échelles et une lunette d'observation. Une inclinaison convenable des miroirs permettait d'apercevoir l'une au-dessous de l'autre les images des deux échelles dans le champ de la lunette.

Dans le manchon placé en avant, on faisait circuler de la vapeur soit d'acétone (56°), de benzène (78°) ou d'eau (99°). A cet effet, on enlevait les caoutchoucs en (*a*) et (*c*, fig. 2). Le ballon (C, fig. 4), producteur de vapeur, était muni d'un bouchon percé de deux trous qui laissaient passer les tubes (*c*) et (*d*). La vapeur produite sous l'action d'un fort bec Bunsen, passait dans le manchon (T) et sortait par l'ouverture (*a*), à laquelle était relié un tube de verre qui pénétrait librement jusque vers le milieu du premier réfrigérant (R_1). Une circulation d'eau froide provoquait la condensation de la vapeur dans les réfrigérants (R_1) et (R_2). On pouvait ainsi régénérer constamment le liquide, ce qui permettait de chauffer toute une journée sans interruption.

Le schéma général (fig. 2) nous montre le dispositif de la circulation de l'eau dans les deux tubes. L'eau est aspirée par la turbine en (B); elle passe par (*b*) et pénètre dans le tube (T_1) pour en sortir en (*e*). Le robinet (r_1) étant fermé et (r_2) ouvert, elle suivait le chemin ($e\ r_2\ c$), circulait dans le manchon (T) et se déversait

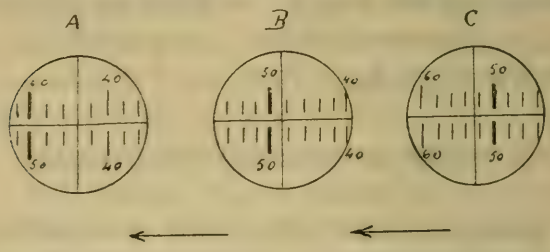
dans le réservoir (B) à travers le robinet (r) [le robinet (r_3) étant fermé]. Quand on chauffait le tube (T), on enlevait les caoutchoucs en (a) et (c). Pour que le liquide continue à circuler dans (T_1), on ferme les robinets (r) et (r_2) et l'on ouvre (r_1) et (r_3). Le trajet de l'eau est alors (b T_1 e r_1 r_3 B).

III. Description détaillée d'une expérience.

Il fallait en premier lieu vérifier si le thermostat maintenait la température de l'eau constante. La circulation de l'eau étant établie, on devait régler les disques au zéro, c'est-à-dire tourner la vis tangente (r_2, fig. 1) pour amener sur le réticule de la lunette les divisions médianes des deux échelles, marquées par un trait noir. Après avoir ainsi réglé soigneusement la position des miroirs des deux appareils, on écartait les deux disques de leur position d'équilibre par le dispositif suivant : Deux fils métalliques très fins étaient tendus horizontalement à l'intérieur de la caisse. Chacun de ces fils appuyait sur une goupille fixée verticalement à chaque disque. En déplaçant latéralement l'une des extrémités de ces fils, on écartait progressivement et sans secousse les disques de leur position d'équilibre. Lorsque l'appareil était immobile, on faisait fondre les fils au moyen d'un courant électrique. Les disques n'étant plus retenus par les fils, se mettaient à osciller.

On observait alors la marche des images dans la lunette pour saisir la première coïncidence. Au commencement de l'expérience, la juxtaposition des deux divisions médianes se faisait en dehors du champ de la lunette, c'est-à-dire très loin de la position d'équilibre

initiale. Mais peu à peu cet écart diminuait, et l'on finissait par constater une juxtaposition à gauche du réticule à une certaine distance, telle que le montre la fig. A.



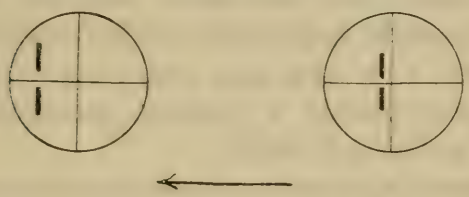
Puis l'oscillation double suivante amenait la juxtaposition représentée par la fig. B, et enfin, de l'autre côté du réticule, la juxtaposition C. Le sens du mouvement est indiqué par les flèches. Dans les figures précédentes, ce serait B qui constituerait la coïncidence initiale, car c'est pour cette juxtaposition que l'écart de la position d'équilibre est minimum.

La durée entre deux coïncidences successives se déterminait approximativement au moyen d'un chronographe avec compteur de minutes. Pour obtenir le nombre entier d'oscillations entre deux coïncidences successives, il fallait en outre connaître la durée approchée d'une oscullation simple du fil de comparaison. Dans ce but, on comptait 80 à 100 oscillations doubles au moyen d'un second chronographe, dont on déterminait ensuite la différence de marche avec le premier, pour avoir des indications comparables. Ces données permettaient d'obtenir sans ambiguité le nombre entier pair n des oscillations entre deux coïncidences successives. On notait en outre pendant toute la durée des expériences, d'heure en heure, la température de l'eau du thermostat, celle des deux manchons, ainsi que celle

de la salle. Deux thermomètres placés à quelques millimètres au-dessus des disques donnaient leur température.

Ces différentes indications, telles qu'on les notait pendant une journée d'expériences sont contenues dans le tableau suivant :

Vendredi, 10 juillet 1903.



Durée entre deux
Coïncidences successives : 3^h 56′ 23″. Chronographe I.
Durée de 80 oscill. doubles : 64′ 55″. » II.
Chronographe I : 65′. — Chronographe II : 64′ 53″, 4.

Contrôle de la température.

Heure	Thermostat	Tube de devant	Tube arrière	Disque de devant	Disque arrière	Salle
7	29°.75	29°.75	29°.80	22°.—	21°.5	19°.—
8	29.69	29.65	29.70	21.2	20.7	19.—
9	29.67	29.65	29.70	22.—	21.5	20.—
10	29.67	29.75	29.75	22.3	21.6	21.3
11	29.70	29.80	29.75	22.5	21.9	21.2
1	29.75	29.80	29.75	23.—	22.4	21.8
2	29.77	29.80	29.80	23.—	22.4	21.6
3	29.77	29.80	29.80	23.—	22.4	21.6
4	29.75	29.80	29.80	23.—	22.5	21.8
5	29.78	29.85	29.80	23.3	22.8	21.8
6	29.73	29.80	29.75	23.2	22.7	21.8
7	29.76	29.85	29.80	23.—	22.5	21.7
8	29.75	29.80	29.80	23.—	22.5	21.5
9	29.75	29.80	29.80	23.—	22.5	21.6

IV. Détermination approximative du coefficient de variation du 2e module d'élasticité avec la température

Le but de nos recherches était la détermination du résidu après des recuits successifs variant de 56° à 99°, Mais nous avons pensé qu'il était intéressant de chercher en même temps quel était le coefficient approximatif de variation du deuxième module d'élasticité entre 30° et 99°. A cet effet, nous avons aussi observé les coïncidences pendant le chauffage, généralement au bout de six heures de recuit.

Soient n et n_1, le nombre d'oscillations simples entre deux coïncidences successives, pour la première expérience à température constante et pendant le chauffage. Le rapport $\frac{\tau'}{\tau}$ des durées d'oscillation des deux fils à température constante est donné par la formule

$$\frac{\tau'}{\tau} = \sqrt{\frac{G}{G'}} \sqrt{\frac{K' \, l' \, r^4}{K \, l \, r'^4}} = \frac{n+2}{n}$$

Pendant le chauffage, nous aurons :

$$\frac{\tau''}{\tau} = \sqrt{\frac{G}{G''}} \sqrt{\frac{K' \, l' \, r^4}{K \, l \, r'^4}}$$

Nous avons vu dans la discussion des causes d'erreur que $\sqrt{\frac{K' \, l' \, r^4}{K \, l \, r'^4}} = A$ restait sensiblement constant. Nous pouvons donc calculer la variation de G en connaissant les rapports $\frac{\tau'}{\tau}$ et $\frac{\tau''}{\tau}$ fournis par les coïncidences. En effet, $\left(\frac{\tau'}{\tau}\right)^2 = A^2 \frac{G}{G'}$ et $\left(\frac{\tau''}{\tau}\right)^2 = A^2 \frac{G}{G''}$.

Le quotient $\frac{\left(\frac{\tau'}{\tau}\right)^2}{\left(\frac{\tau''}{\tau}\right)^2} = \frac{G''}{G'}$, nous fournira pour les différentes températures le rapport des modules d'élasticité. Si nous supposons que les modules des deux fils sont les mêmes à la température initiale, c'est-à-dire $\frac{G}{G'} = 1$, nous pourrons calculer la variation moyenne de G entre t° et t'° pour la relation

$$G_{t'} = G_t\,[1 + \beta\,(t'-t)]$$

Les résultats de ces mesures, que nous donnerons à la fin de notre travail, sont loin d'être aussi exacts que ceux obtenus pour les résidus, car les températures élevées n'ont été déterminées qu'à 0°,2 près.

RÉSULTATS

Les deux premiers tableaux résument les résultats de nos recherches préliminaires.

							$\delta = \frac{G' - G''}{G'}$
Tempér. moy. initiale						29°,68	.....
»	»	après un 1er recuit à 56°,1				29°,69	0.000554
»	»	»	2e	»	à 56°,5	29°,71	0.000811
»	»	»	1er	»	à 78°,8	29°,72	0.001384
»	»	»	2e	»	à 78°,5	29°,74	0.001607
»	»	»	1er	»	à 98°,9	29°,72	0.002728
»	»	»	2e	»	à 98°,8	29°,72	0.003318

Les chiffres de la dernière colonne montrent que, pour toutes les températures, un seul recuit de 12 h. est insuffisant pour amener l'équilibre définitif du fil.

Néanmoins, la méthode nous a permis de déterminer le coefficient moyen de variation du 2e module d'élasticité à diverses températures, mais la précision de ces mesures n'est pas très grande, les températures élevées n'ayant pas été déterminées avec la même précision que les températures basses. Nous donnons cependant ces valeurs dans le tableau ci-dessous :

Entre 29°,7 et 56°,4	$\beta = +0.000595$
» 29°.7 et 78°,7	$\beta = +0.000562$
» 29°,7 et 98°,9	$\beta = +0.000565$

Etant donnée l'importance toujours croissante que prend l'emploi de l'invar dans la construction des instruments de physique, nous avons cru utile d'appliquer la méthode très sensible des coïncidences à l'étude de l'influence d'un recuit à température élevée sur les variations résiduelles subséquentes.

Dans ce but, le fil, après avoir été chauffé à 99° pendant 24 heures, a été ramené à la température de 29°,70. Le changement survenu dans son module était par notre méthode ($\delta = 0,003318$). Puis le fil a subi alors un nouveau recuit de 12 heures à la température d'ébullition de l'acétone (soit environ 56°). Enfin, il a été ramené à la même température de 29°,70.

Dans ces conditions, ce second recuit s'est montré sans influence appréciable sur le 2e module d'élasticité.

Les tableaux suivants résument ces expériences, que M. Woelflé a bien voulu se charger d'effectuer et auquel nous exprimons ici toute notre gratitude.

Avant le recuit à l'acétone.

Température 29°,70 $\frac{\tau'}{\tau} = 1.00498$

Température	29°,70	$\frac{\tau'}{\tau} = 1.00498$
»	29°,70	$\frac{\tau'}{\tau} = 1.00500$
»	29°,70	$\frac{\tau'}{\tau} = 1.00500$

Après le recuit de 12 heures à la température d'ébullition de l'acétone.

Température	29°,70	$\frac{\tau'}{\tau} = 1.00500$
»	29°,70	$\frac{\tau'}{\tau} = 1.00500$
»	29°,70	$\frac{\tau'}{\tau} = 1.00510$
»	29°,70	$\frac{\tau'}{\tau} = 1.00500$
»	29°,70	$\frac{\tau'}{\tau} = 1.00500$

Dans ces mesures, les nombres d'oscillations étaient 400 et 402 ; la sensibilité était donc du même ordre de grandeur que dans les mesures précédentes.

Ces chiffres montrent donc qu'un recuit à la température de 100 degrés suffit à rendre très petites les variations résiduelles ultérieures du module d'élasticité d'un fil d'invar lorsque les variations de température auxquelles il est soumis ont lieu à température plus basse (de 30° à 56° dans nos expériences).

C'est là un résultat qui n'est pas sans intérêt, étant données les applications toujours plus nombreuses de ce précieux alliage.

ÉTHERS DINITROPHÉNYLIQUES

DU

3 Chlor-4-Aminophénol et du 4-Aminophénol

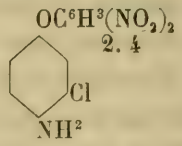
PAR

Frédéric REVERDIN et Auguste DRESEL

Nous avons observé que lorsqu'on fait réagir le chlordinitrobenzène $C^6H^3ClNO^2NO^2$ 1. 2. 4 sur le chloraminophénol $C^6H^3.OH.Cl.NH^2$ 1. 3. 4, il se forme, suivant les conditions dans lesquelles se fait la réaction, comme produit principal, l'éther dinitrophénylique correspondant ou bien la chloroxydinitrodiphénylamine F. 189°, que l'un de nous et Crépieux[1] avons déjà décrite.

Nous avons étudié spécialement l'éther en question dans le but d'examiner les colorants azoïques qu'il pouvait servir à préparer.

L'éther dinitrophénylique du m-chlor p-aminophénol



s'obtient en faisant réagir le chlordinitrobenzène sur le chloraminophénol en solution alcoolique, en présence

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1903, t. XVI, p. 265.

d'un excès d'acétate de soude. On fait bouillir pendant plusieurs heures une solution de 20 gr. de chlordinitrobenzène, 15 gr. de chloraminophénol, 30 gr. d'acétate de soude dans 400 cc. d'alcool, puis on filtre ; il se dépose par le refroidissement des cristaux jaune-brun, qui, après purification, sont en longues aiguilles jaune-brun F. 137°.

0,1824 gr. Sbst. 0,0838 AgCl 0,020731 Cl
$C^{12}H^{8}O^{5}N^{3}Cl$ Calculé Cl 11,47 %
Trouvé Cl 11,37 »

Ce composé est facilement soluble dans l'acétone, le benzène et le chloroforme à froid, soluble à chaud dans l'alcool et l'acide acétique, insoluble dans la ligroïne, ainsi que dans la solution de carbonate de soude.

On a retiré des eaux-mères de première cristallisation une petite quantité de chloroxydinitrodiphénylamine, qui prend en même temps naissance dans cette réaction.

Si, au lieu d'opérer comme il vient d'être dit, on chauffe simplement la solution alcoolique du chlordinitrobenzène et du chloraminophénol sans addition d'acétate de soude, on obtient, non plus l'éther, mais bien la chloroxydinitrodiphénylamine. Cette dernière se forme encore en même temps que des produits résineux lorsqu'on fond au bain d'huile vers 150° les deux composés en présence d'acétate de soude.

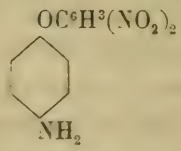
Lorsqu'on opère avec le chloraminophénol

$C^{6}H^{3}OH.Cl.NH^{2}$ 1. 2. 4

on obtient toujours, quel que soit le procédé employé, comme produit principal, la chloroxydinitrodiphényl-

amine[1] connue de F. 183. La position du Cl dans le voisinage immédiat du NH^2 ou du OH oriente donc la réaction d'une manière différente. En essayant de chlorer l'éther dinitrophénylique du m-chlor-p-aminophénol en solution acétique au moyen du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique, nous avons constaté que la molécule se scindait, et nous avons retiré du produit de la réaction de la trichloroquinone F. 165°. L'éther en question se laisse facilement diazoter lorsqu'on le dissout dans l'acide sulfurique conc. et qu'on introduit le nitrite dans la pâte obtenue en ajoutant de la glace à la solution sulfurique. Le dérivé diazoïque, facilement soluble, nous a fourni avec les divers copulants ordinaires (β naphtol, sulfonapthol 1. 4, sel R, acide chromotrope, etc., etc.), des matières colorantes assez vives, mais qui, en particulier celles qui ont été préparées avec le sel R et le sulfonaphtol 1. 4, ne résistent pas à l'action des alcalis. Il en est de même des colorants obtenus avec un dérivé sulfonique de l'éther dinitrophénylique.

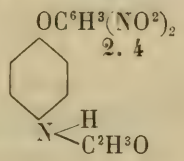
Le manque de solidité aux alcalis des colorants en question nous a engagés à examiner concurremment ceux qui dérivent de *l'éther dinitrophénylique du p-aminophénol*



Nous avons obtenu cet éther en faisant réagir le

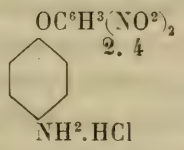
[1] Brevet allemand 128725, du 26 mai 1900. *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1903, t. XVI, p. 265.

chlordinitrobenzène sur l'acétylaminophénol, puis saponifiant le produit de la réaction. On a fait bouillir pendant deux heures une solution de 14 gr. d'acétylaminophénol, 20 gr. de chlordinitrobenzène et 6 gr. de potasse caustique dans 450 cc. d'alcool, puis on a filtré. Il se sépare par le refroidissement de jolis cristaux jaune-brun qui, après purification et cristallisation dans le benzène, se présentent sous la forme de feuillets brillants blanc jaunâtre F. 195°. Ce composé, qui constitue l'éther dinitrophénylique du p-acétylaminophénol



est facilement soluble dans l'acétone, l'acide acétique cristallisable, le chloroforme et le benzène ; assez soluble dans l'eau, insoluble dans la ligroïne, ainsi que dans la solution de carbonate de soude.

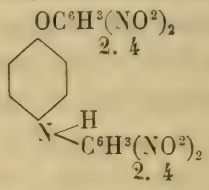
Lorsqu'on le fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique, il se saponifie pour donner le *chlorhydrate de l'éther dinitrophénylique du p-aminophénol*



dont la solution aqueuse fournit par addition d'alcali la base sous forme cristalline. La base pure obtenue par cristallisation dans l'alcool est en feuillets brillants jaune foncé F. 144°. Elle est facilement soluble dans l'alcool, l'acétone, l'acide acétique cristallisable, le chloroforme

et le benzène, peu soluble dans l'eau et insoluble dans la ligroïne.

Lorsqu'on fait réagir sur la solution alcoolique de cette base le chlordinitrobenzène en présence d'acétate de soude, on obtient un composé cristallisant en feuillets jaune d'or F. 225°, identique à l'éther dinitrophénylique de la p-oxy-dinitrodiphénylamine.



Ce produit, décrit dans le brevet allemand[1] 111892 du 9 novembre 1899, avait été préparé par l'action du chlordinitrobenzène sur l'oxydinitrodiphénylamine en présence d'alcali.

La formule indiquée ci-dessus pour l'éther dinitrophénylique du p-aminophénol se trouve donc prouvée par ce fait.

L'éther en question est scindé par l'action du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique en donnant lieu à la formation de quinone chlorée.

Diazoté par la méthode habituelle, il fournit avec les divers copulants des colorants azoïques, qui paraissent un peu plus stables envers les alcalis que les colorants correspondants obtenus avec l'éther dinitrophénylique du chloraminophénol, mais pas suffisamment pour présenter de l'intérêt au point de vue pratique.

La sulfonation de l'éther a conduit à un acide sulfonique dont les colorants azoïques dérivés sont complètement instables envers les alcalis.

[1] *Chem. Centralblatt* 1900 [2], p. 610.

DE LA

SURVIVANCE D'UN TYPE CRANIEN NÉGROÏDE

DANS

LES POPULATIONS ANCIENNES ET CONTEMPORAINES

de l'Europe

PAR

Eugène PITTARD

Au mois de juin de l'année dernière, M. le Dr-professeur G. Hervé a présenté, à la Société d'Anthropologie de Paris, deux crânes qui appartiennent aux collections du musée Broca.

Ces deux crânes proviennent de la Bretagne, l'un de la galerie d'entrée du dolmen de la Pointe de Conguel, à l'extrémité sud-est de la presqu'île de Quiberon, l'autre d'un îlot voisin, Toul-Bras, rocher actuellement inhabitable à un kilomètre au large de Beg-Conguel.

Le dolmen de Conguel, par son mode de construction et par la grossièreté des poteries qui y ont été recueillies en grande quantité, a été attribué au début de la période néolithique. Les inhumations de Toul-Bras ont été rapportées vraisemblablement à la période gauloise, mais les fouilles n'ont pas été assez étendues pour que cette détermination soit absolument définitive. Les deux

crânes dont il est question sont tous les deux féminins. Ils sont bien développés, capaces. Ils offrent entre eux, par nombre de traits, une étroite ressemblance.

Ce qui est particulièrement intéressant et sur quoi M. Hervé a basé sa communication[1], c'est que ces deux crânes « *affectent l'un et l'autre un type négroïde extrêmement accusé*. Placés au milieu d'une série négritique il serait à coup sûr presque impossible de les distinguer, si l'on ignorait leur origine ». Les caractères du crâne et de la face concordent pour réaliser ce type négroïde. Le prognathisme, obtenu selon le procédé de Flower, est élevé (indices 102 et 100); le rétrécissement postérieur de l'arc alvéolaire, l'existence des gouttières sous-nasales intermaxillaires, la platyrhinie (Indices 57,6 et 53,5) l'allongement du crâne, concourent à cet effet.

M. Hervé connaissait ces crânes depuis longtemps (ils font partie de la collection du musée Broca depuis plus de dix ans); il avait été frappé de leur allure, mais il n'en avait pas trouvé d'explication jusqu'au moment où les découvertes anthropologiques des Baoussé-Roussé sont venues en fournir une.

En 1874 et 1875, M. E. Rivière, fouillant les grottes de Baoussé-Roussé près de Menton, découvrit, à une faible profondeur deux squelettes de jeunes sujets (acquis ensuite par l'Institut catholique de Paris). Cette grotte fut qualifiée alors : Grotte des Enfants.

Depuis quelques années le prince de Monaco a fait

[1] G. Hervé. Crânes néolithiques armoricains de type négroïde. *Bull. et Mém. Soc. Anthrop.* Paris 1903.

reprendre les fouilles des Baoussé-Roussé[1]. Elles sont dirigées avec une réelle compétence par l'abbé de Villeneuve. Dans la grotte des Enfants, on enleva 9 m. 80 de matériaux de remplissage. Chaque couche a été nettement délimitée. Nous n'avons pas à insister sur la stratigraphie de cette caverne. Qu'il suffise de dire qu'on y a découvert quatre nouveaux squelettes, l'un à 1 m. 90 de profondeur, un second à 7 m. 05 et les deux autres, enterrés l'un à côté de l'autre, avaient été déposés sur un foyer, à 7 m. 75 de profondeur.

M. Verneau, qui a été chargé d'étudier ces squelettes, a reconnu, à celui qui gisait à 7 m. 05 de profondeur, les traits essentiels du type dit de Cro-Magnon. Les deux autres reposant sur le foyer de 7 m. 75, étaient tout différents. Il les a qualifiés sans hésiter de *négroïdes*.

La qualité négroïde de ces crânes provient principalement de leur énorme prognathisme qui règne surtout dans la région sous-nasale. Cependant, le reste de la face est loin d'être orthognathe et la projection en avant est manifeste, surtout, paraît-il, depuis la restauration à laquelle est parvenu M. Verneau.

Ces squelettes étaient ceux d'une vieille femme et d'un jeune homme.

C'est la vieille femme qui présentait le prognathisme sous nasal le plus exagéré; c'est chez elle que les caractères négritiques du nez étaient les plus accentués. L'indice nasal s'élève à 63,33. Le plancher des fosses nasales ne présente plus de bords en avant; il

[1] R. Verneau. Les fouilles du prince de Monaco aux Baoussé-Roussé. Un nouveau type humain. *L'Anthropologie*, Paris 1902.

est déclive et, de chaque côté de l'épine, forme une gouttière. Le menton fait une légère saillie en avant, au milieu de la symphise, mais bientôt se renverse fortement en arrière.

Chez le jeune sujet, le squelette nasal montre une moins grande largeur relative. L'indice nasal 51,06 indique la mésorhinie; mais M. Verneau admettait qu'il deviendrait platyrhinien après la reconstitution définitive. Le plancher des fosses nasales, comme dans le crâne précédent, se termine par un bord mousse au lieu de présenter le bord tranchant habituel. Le menton a une tendance à la récurrence.

Les dents de la vieille femme, trop usées, n'ont pu être étudiées. Mais celles du jeune sujet ont été examinées par M. Albert Gaudry[1] avec la haute compétence que l'on sait. Il a été frappé de la « différence de cette dentition avec celle des Européens actuels et de sa ressemblance avec celle des Australiens ». Les dents présentent entre autres des tubercules énormes, très nets, très séparés les uns des autres. On pourra, pour le détail des caractères relevés par M. Gaudry, auxquels nous ne ferons pas référence, se reporter à son intéressante publication.

M. Verneau a proposé de donner au type cranien négroïde rencontré à Baoussé-Roussé, le nom de *type de Grimaldi*.

En lisant la communication de M. le prof. Hervé, nous nous sommes souvenu que, dans l'étude d'une im-

[1] Albert Gaudry. Contribution à l'histoire des hommes fossiles. *L'Anthropologie*, Paris 1903.

portante série de crânes valaisans de la vallée du Rhône, nous avions rencontré des types craniens qui devaient se rapprocher de la description des crânes de la Pointe de Conguel et de Toul-Bras. Dans une note sur les crânes dolichocéphales et mésaticéphales de la vallée du Rhône valaisan[1], nous avions trouvé quelques pièces osseuses dont le prognathisme nous avait frappé. Or les crânes dolichocéphales sont rares parmi les anciennes têtes valaisannes. Nous avons constaté que, dans les diverses séries que nous avons examinées, c'est la série de Sierre qui en présentait la plus grande proportion. Nous sommes retournés dans cette localité et nous avons été assez heureux pour remettre la main sur deux de ces crânes qui nous avaient intrigué autrefois. Nous avons pu les dessiner et nous allons les décrire tout à l'heure. Peut-être y en avait-il d'autres tout aussi intéressants, mais il est assez difficile, pour plusieurs raisons, de travailler avec les crânes renfermés dans les ossuaires. Nous avons dû forcément borner nos recherches.

L'ossuaire de Sierre renferme les crânes qui proviennent des antiques cimetières qui entouraient la primitive église paroissiale sise un peu plus haut que l'église actuelle, et aussi des cimetières des paroisses de Géronde et de Villa qui existaient déjà aux XIIIe et XIVe siècle sur le territoire de la paroisse actuelle de Sierre. Celle-ci comprend maintenant les villages de Sierre, Villa, Muraz et Glarey et la commune de Géronde.

[1] Eugène Pittard. Etude d'une série de 47 crânes dolichocéphales et mésaticéphales de la vallée du Rhône. *Bull. Soc. neuchât. Géographie*, 1899.

Les premiers ossements ont été rassemblés vers 1683, date de l'inauguration de l'ossuaire. Depuis de longues années ce dernier n'a plus reçu aucun restes squelettiques.

Il est superflu d'ajouter que les deux crânes dont il va être question n'ont jamais pu appartenir à des Nègres. D'ailleurs ils ne sont pas complètement identiques à ceux des Nègres; ils sont seulement négroïdes par plusieurs de leurs caractères. Mais cela est déjà très important.

Pour plus de commodité, nous les qualifierons n° 1 et n° 2.

D'ailleurs nous ne donnerons de ces crânes qu'une description sommaire :

Tous les deux sont des crânes féminins. Ils sont d'une belle venue, surtout le numéro 1, qui, certainement, est le plus ancien des deux. La dentition est belle, régulière. Les dents qui sont demeurées sont absolument indemnes de carie, sauf une molaire vraie du crâne n° 2. Pour les dents qui manquent, l'arrangement et la forme des alvéoles nous renseignent suffisamment sur la régularité de leur implantation.

L'examen des cuspides ne manque pas d'intérêt. La plupart des auteurs sont d'accord pour reconnaître que les dents humaines sont en voie de transformation. On a prévu même que les molaires supérieures seraient, dans l'avenir, tricuspides. Les mâchoires de l'Homme fossile de Baoussé-Roussé, étudiées par M. Gaudry, ont montré des denticules beaucoup plus nets et beaucoup plus séparés que ceux qui existent dans les mâchoires de Blancs. La seconde arrière molaire présente un

denticule bien marqué et « sa séparation s'étend jusqu'au bord externe de la dent ». Chez l'Homme blanc, cette séparation s'arrête le plus souvent au milieu de la dent ou même, quelquefois, n'existe pas. La dernière arrière molaire de l'Homme de Baoussé-Roussé a quatre denticules bien marqués, tandis que, le plus souvent, chez l'Homme blanc, « elle n'a, au second lobe, que des denticules très rudimentaires ». Nous laissons de côté l'examen des dents inférieures qui ne peuvent nous servir à aucune comparaison. Dans le crâne du type négroïde valaisan n° 1, les caractères des arrière-molaires signalés par M. Gaudry existent parfaitement. La seconde arrière-molaire présente un denticule bien marqué, et comme chez celle de l'Homme fossile de Menton, sa séparation s'étend jusqu'au bord externe de la dent.

La dernière arrière-molaire a quatre denticules bien marqués. Le denticule interne du lobe postérieur est un peu usé, mais il est encore très net. Au surplus, d'une manière générale, les plis des cuspides sont profonds, l'émail est ridé[1].

En résumé, la dentition de la mâchoire supérieure (la seule que nous possédons) de ce crâne valaisan, se rapproche singulièrement de celle de l'Homme fossile de Menton et de celle des Australiens, dont M. Gaudry s'est aussi servi de terme de comparaison.

[1] Dans le même mémoire, M. Albert Gaudry cite une publication de M. Gorjanovic-Kramberger, qui a étudié le gisement quaternaire de Krapina, en Croatie. Cet auteur s'attache à démontrer que le ridement de l'émail des dents chez les populations dont il a retrouvé les débris, était plus considérable que chez les habitants actuels de l'Europe.

Ces deux crânes sont dolichocéphales. En *norma verticalis*, ils montrent un ovoïde parfaitement régulier chez le n° 1, sans trace de plagiocéphalie; un peu

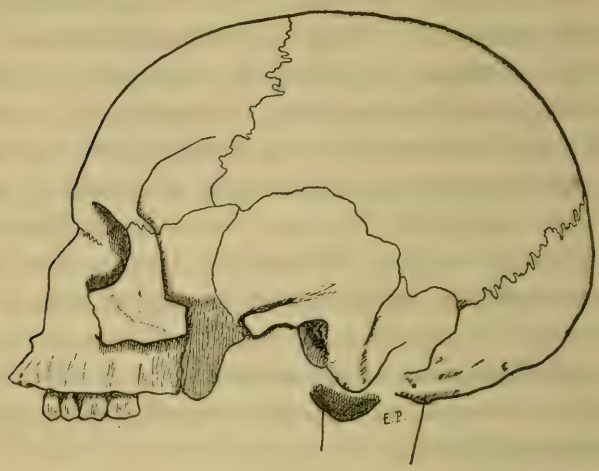


Fig. 1.

moins régulier chez le n° 2, où l'on remarque une très légère plagiocéphalie droite. Dans cette « vue »,

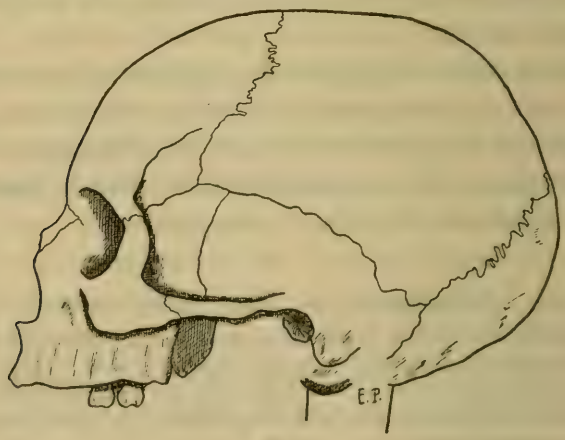


Fig. 2

on distingue à peine les arcades zygomatiques chez l'un et chez l'autre.

Vus de face, ces crânes montrent des orbites larges, spacieuses, de forme rectangulaire. L'avancement de la partie inférieure de la face est déjà remarquable, surtout chez le n° 1.

Il va sans dire que ce prognathisme s'accentue quand le crâne est examiné de profil.

Les sutures sont normales dans les deux crânes. Elles sont plus simples chez le n° 1, qui ne possède aucun os wormien. Chez le n° 2, les sutures coronale, sagittale et lambdoïde sont beaucoup plus compliquées et il existe un petit os wormien dans la branche gauche de la lambdoïde.

De même que nous les décrivons sommairement, nous ne nous attarderons pas non plus à fournir beaucoup de mensurations. Nous ne les dessinons également que vus de profil.

Avant de terminer la description de ces crânes, ajoutons la présence d'un caractère sur lequel ont insisté MM. Verneau et Hervé, à savoir la construction du plancher des fosses nasales. Dans le crâne n° 1, ce plancher se termine par un bord mousse ; il n'y a pas ce rebord tranchant qui se trouve ordinairement en cet endroit. Dans le crâne n° 2, ce bord existe pour la partie gauche du plancher. A droite, l'épine nasale fortement élargie empiète sur le plancher. L'arrangement du plancher nasal chez nos deux crânes est en quelque sorte intermédiaire entre ce qui existe chez les Nègres et ce qui existe chez les Blancs. Cependant le bord mousse, si caractéristique chez les Nègres, est ici encore très évident.

Le prognathisme, dans les deux crânes, est facial et

maxillaire. Comme les dents de devant sont absentes, il n'y a aucune illusion due à un prognathisme dentaire. Une perpendiculaire abaissée du point nasal sur le plan alvéolo-condylien tombe, dans plusieurs crânes de Nègres que nous avons sous les yeux pour comparaison, en arrière de la première molaire vraie. Dans divers crânes d'Européens qui nous servent également de comparaison, cette ligne tombe en avant des prémolaires.

Dans le crâne n° 1 cette ligne tombe, comme dans les crânes de Nègres, en avant de la première molaire vraie, vers le milieu de la dernière prémolaire. Dans le crâne n° 2, elle tombe un peu plus en avant, entre les deux prémolaires. Le prognathisme paraît plus accusé dans le crâne n° 1. Les mesures nous le montreront.

Les seules mesures qui présentent un réel intérêt dans le cas qui nous occupe sont les suivantes :

	Crâne n° 1	Crâne n° 2
	mm	mm
D. A. P	190	177
D. T.	135	136
N. B.	105	102
A. B.	113	106
N. s.	44	46
N. n.	24.5	24.5
B. B	134	126

Elles fournissent les indices que voici :

	Crâne n° 1	Crâne n° 2
Indice céphalique	71.05	76.84
Ind. vertical de long.	70.53	71.19
Ind. du prognathisme.	107.62	103.92
Indice nasal	55.7	53.2

Nous nous arrêtons à ceux-là, qui seront suffisants pour caractériser les deux crânes examinés.

L'indice céphalique indique la dolichocéphalie vraie chez le crâne n° 1 et la sous-dolichocéphalie dans le crâne n° 2. Cette forme de l'ovoïde crânien est rare dans les séries valaisannes anciennes de la vallée du Rhône. Dans les diverses séries que nous avons étudiées, leur proportion est très restreinte. A Sierre, où leur nombre était beaucoup plus considérable qu'ailleurs, les crânes dolichocéphales et sous-dolichocéphales représentent le 10 °/₀ environ de la série totale.

Les indices du prognathisme fournissent des chiffres très élevés. Dans les deux crânes de Nègres auxquels nous avons déjà comparé les deux crânes valaisans, cet indice (obtenu selon le procédé de Flower) nous a fourni respectivement 106.86 et 102.78. Le prognathisme le plus accentué d'un des crânes de Nègres est encore dépassé par le crâne n° 1 de notre série.

A titre de comparaison nous inscrivons ici les chiffres que nous avions obtenus en 1899 sur les diverses séries de crânes valaisans que nous étudiions alors[1]. Ces chiffres sont des moyennes dans lesquelles les influences réciproques des crânes dolichocéphales et brachycéphales sont combinées.

Série de Naters	96.58
» de Viège	99.29
» de Rarogne	96.15
» de Sierre	97.50
» de Saxon	96.14

La série entière avait comme indice 97.47.

On a dit que l'orthognathisme était l'apanage des

[1] Eugène Pittard. Recherches d'anatomie comparative sur diverses séries de crânes anciens de la vallée du Rhône. Genève 1899.

crânes brachycéphales. Ainsi les crânes dolichocéphales seraient plus souvent prognathes, ce qui serait une explication naturelle au développement en avant de la face dans les deux crânes négroïdes dont nous parlons. Mais cela n'existe pas dans les séries valaisannes dont ces deux crânes font partie. Nous pourrons le démontrer à l'aide des seuls crânes dolichocéphales et mésaticéphales que nous avions sortis de la grande série pour les étudier à part. Chez ceux-là l'indice moyen du prognathisme est 96.85, c'est-à-dire inférieur à celui de la série totale dans laquelle figurent surtout des crânes brachycéphales. La série de Sierre mise à part avait comme indice moyen 96.32. C'est celle où les formes allongées étaient les plus fréquentes. La série de Naters où, au contraire, les formes courtes et larges étaient particulièrement la règle, avait 98.18 comme indice moyen.

Les crânes étudiés par M. Hervé avaient comme indice du prognathisme (obtenu aussi par la méthode de Flower) respectivement 102 et 100, c'est-à-dire passablement inférieurs aux nôtres.

Le prognathisme des deux crânes valaisans de Sierre est donc considérable. Il nous permet de dire que ce caractère, particulièrement négroïde, les rapproche plus encore du type nègre que ne sont rapprochés de ce type les crânes de Conguel et de Toul-Bras. Et cependant, après la communication de M. Hervé à la Société d'Anthropologie de Paris, dans la discussion qui a suivi, tout le monde a été d'accord pour reconnaître la qualité négroïde, à un degré très remarquable, des deux crânes découverts en Bretagne.

L'indice nasal des deux crânes valaisans indique la platyrhinie chez l'un et chez l'autre. Elle est plus ac-

centuée chez le n° 1 (ind. 55.7). C'est un caractère relativement rare dans les séries valaisannes. L'indice nasal moyen de 311 crânes provenant de la vallée du Rhône, étudiés en 1899, était 48.47 indiquant la mésorhinie. La série des dolichocéphales et mésaticéphales sortis de ce grand groupe, avait comme indice moyen 49.22.

Les crânes de Conguel et de Toul-Bras avaient respectivement 56.7 et 53.5. C'est, à peu de chose près, les chiffres que nous exprimons.

Les deux crânes de Nègres, qui nous servent pour comparaison, ont comme indice nasal : 65.12 et 54.90. Si le premier de ces chiffres est plus franchement platyrhinien que celui de notre crâne n° 1, le second de ces chiffres, par contre, est dépassé par celui afférent à ce crâne.

En résumé, nous pouvons dire que :

Par leur forme cranienne générale et par leur indice céphalique ;

Par leur prognathisme (qui est bien réellement maxillaire et non dentaire) ;

Par la constructure de leur squelette nasal ;

Par leur indice nasal indiquant la platyrhinie ;

Par les détails de leur dentition ;

Par l'ensemble des autres caractères que nous avons décrits plus haut :

Ces deux crânes valaisans de la vallée du Rhône sont négroïdes à un degré très élevé.

Quelle interprétation faut-il donner de ce caractère ?

Evidemment il faut écarter, tout d'abord, des interventions pathogéniques. Ces deux crânes féminins sont d'une belle venue. La capacité cranienne du n° 1, de 1365 cc., est, pour les crânes féminins valaisans, une

moyenne très acceptable. 12 crânes féminins cubés directement comme ceux-ci, par le procédé de Broca, nous avaient donné comme capacité moyenne 1390 cc., chiffre assez voisin de celui que nous exprimons. La capacité du crâne n° 2 est plus faible : 1290 cc. Mais cela signifie probablement tout simplement que la femme qui possédait ce crâne était de petite taille. Nous répétons que rien ne permet de supposer que ces deux crânes aient appartenu à des individus qui n'auraient pas été absolument normaux.

L'interprétation du caractère négroïde doit donc revêtir une valeur ethnique. Mais qu'on ne se méprenne pas. Cela ne veut nullement dire qu'il s'agisse de Nègres. M. Manouvrier après avoir examiné les crânes de Conguel et de Toul-Bras, fait savoir son impression que « le prognathisme régulier est moins rare parmi les néolithiques de France que parmi les modernes. Cela n'est qu'une impression, car les crânes néolithiques sont trop souvent privés de leur face et forment des séries trop peu étendues pour que la moyenne de leur indice céphalique soit établie d'une façon stable ». (Discussion à la suite de la communication de M. Hervé.)

Les Hommes quaternaires du type de Grimaldi ne sont probablement pas restés cantonnés dans le sud-est de la France actuelle ; cette région n'est peut-être même pas leur patrie originelle. Ils ont pu émigrer comme ont émigré les autres populations préhistoriques. Il ont essaimé autour du point de Baoussé-Roussé, comme l'on fait tous nos ancêtres les plus lointains dont on a retrouvé les débris (Cro-Magnon, Spy). D'ailleurs Baoussé-Roussé n'était peut-être qu'une halte, l'arrêt d'un groupe. Les crânes de Conguel et de Toul-Bras représenteraient des descendants de ce type de

Grimaldi par delà les temps quaternaires. Un jour viendra vraisemblablement où de nouvelles découvertes auront lieu, qui relieront, dans le temps et dans l'espace, les types craniens que nous décrivons.

Si le type négroïde quaternaire de Baoussé-Roussé a laissé des descendants dans la période néolithique, rien n'empêche que ceux-ci ne se soient perpétués sans relâche dans les temps postérieurs. Nous devons les retrouver, soit dans les âges suivants protohistoriques, soit dans les temps modernes. Il semble que certaines formes craniennes ont une valeur héréditaire considérable.

On a signalé maintes fois dans la population actuelle l'existence d'un prognathisme en quelque sorte normal, particulièrement chez les femmes. De Quatrefrages[1] a insisté sur la présence de ce caractère en ajoutant qu'il est parfois très prononcé « si bien que les dentistes ont du inventer des opérations et des appareils spéciaux pour le faire disparaître ». Mais il s'agit là bien plus d'un prognathisme dentaire que d'un prognathisme maxillaire.

Comme il paraît avéré que nous devons compter parmi nos ancêtres quaternaires des individus fortement prognathes, à type vraiment négroïde, rien ne s'oppose à ce que ce type se soit conservé au travers des générations par simple continuité ou qu'il réapparaisse par atavisme.

Il y a lieu de noter soigneusement l'existence de ces types, soit dans les séries anciennes, soit dans les séries contemporaines.

C'est pourquoi l'étude des deux crânes valaisans que nous venons de décrire méritait d'être faite.

[1] A. de Quatrefrages. Introduction à l'étude des races humaines. Paris, 1889.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 18 mars 1904.

Amé Pictet. Synthèse de la nicotine. — A. Herzen et R. Odier. Nouveaux faits sur la morphologie et la physiologie des fibres nerveuses. — F. Tommasina. Nature de l'émanation du radium.

M. le prof. Amé Pictet donne un résumé des travaux qu'il a faits, en collaboration avec MM. Pierre Crépieux et Arnold Rotschy, pour déterminer la *constitution de la nicotine*, travaux qui ont abouti à la *synthèse* de cet alcaloïde. Le détail de ces recherches a été publié dans les *Archives*, XVII, 401.

MM. le prof. Herzen et le Dr R. Odier. *Quelques faits nouveaux concernant la morphologie et la physiologie des fibres nerveuses.*

I. *Paralysie curarique.* — On admet en général que le curare agit *exclusivement* sur la partie terminale des nerfs moteurs ; mais il y a quelques faits physiologiques qui montrent qu'il altère aussi ces nerfs eux-mêmes. Ainsi chez la grenouille, la paralysie des membres postérieurs apparaît beaucoup plus tôt et disparaît beaucoup plus tard que celle des membres antérieurs. Pourquoi?

De deux choses l'une : ou bien le curare attaque plus facilement et plus profondément les terminaisons motrices des extrémités postérieures que celles des antérieures ; ou bien il les attaque toutes en même temps. Or l'étude attentive de nombreuses préparations prouve que les altérations visibles que le curare produit dans les terminaisons motrices sont *simultanées et identiques* dans tout le système musculaire.

Dès lors la seule différence qu'il y ait entre les membres postérieurs et antérieurs de la grenouille étant la longueur de leurs nerfs, le fait en question ne peut être expliqué qu'en admettant que *le curare modifie les nerfs* de façon à créer dans ces conducteurs une *résistance croissante* qui enraye et amortit en eux la transmission de l'excitation, proportionnellement à leur longueur.

II. *Transmission par des nerfs altérés.* — L'altération que produit le curare dans les terminaisons motrices ne se borne point à ces terminaisons ; elle remonte, au contraire, plus ou moins, en s'atténuant graduellement, le long des fibres à myéline. Or, avant la généralisation de la paralysie curarique, les nerfs des bras *transmettent encore l'excitation aux muscles* malgré l'atteinte portée à leur intégrité structurale. *Celle-ci n'est donc pas une condition absolue au fonctionnement des nerfs.*

Il en est de même dans les lésions anatomiques que les fibres nerveuses subissent sous l'action de la strychnine et surtout de la *tétanine* ; celle-ci, injectée à un cobaye, à dose mortelle en cinq jours, produit déjà au bout de douze heures une altération profonde des nerfs, qui les envahit rapidement de la périphérie aux centres ; et cependant l'animal vit, sent et se meut jusqu'au cinquième jour.

Il en est encore de même dans la dégénérescence « wallerienne » des nerfs sectionnés. Chez le cobaye l'excitabilité disparaît environ soixante heures après la section ; or, déjà au bout de quarante-huit heures les fibres et les filaments nerveux sont manifestement altérés ; il est vrai qu'à ce moment les *terminaisons* proprement dites sont encore normales ; mais les cylindraxes sont déjà

fragmentés en morceaux *longs* (destinés à se fragmenter ultérieurement en morceaux de plus en plus courts) et la myéline est divisée en boules ou en perles. Cependant le nerf est encore parfaitement excitable.

III. *Dégénérescence et régénération des terminaisons motrices.* — En continuant à observer les nerfs en train de dégénérer après section, on voit, au bout de trois jours, les cylindraxes *partout* divisés en fragments *courts*, séparés par des espaces assez considérables ; des zones rouge foncé se forment sur le muscle autour des organes terminaux, qui ne paraissent pas altérés. Huit jours après la section, la fragmentation des cylindraxes s'accentue encore et les premiers changements apparaissent dans les terminaisons motrices : quelques îlots de substance cylindraxile se séparent de l'arborisation. La coloration de la zone rouge foncé qui entoure celle-ci s'accentue encore. Nous n'avons jamais vu une terminaison motrice disparaître complètement; au contraire, quinze à trente jours après la section, les fragments des cylindraxes *s'accroissent*, se rejoignent et reconstituent des filets cylindraxiles continus. Entre quarante et soixante-douze jours, les îlots cylindraxiles poussent de petits prolongements arrondis au sein de la zone rouge foncé.

D'autres organes terminaux semblent en voie de *formation nouvelle, avec le concours du tissu musculaire* ; ils sont constitués par une sorte de bourgeon rouge-violet, d'assez grande dimension, contenant un ou plusieurs nodules allongés de substance cylindraxiles facilement reconnaissables à leur coloration.

Enfin, à ce stade, on voit par ci par là naître latéralement de filaments nerveux de nouvelle formation, un bourgeon ayant d'emblée un caractère exclusivement nerveux et paraissant destiné à devenir un organe terminal. Mais ce mode de formation aux dépens du *nerf reconstitué* est en somme rare et la plupart des terminaisons motrices se régénèrent avec la participation du tissu musculaire.

M. Th. Tommasina fait une communication *sur la nature de l'émanation du radium*. La découverte faite l'année passée par MM. Ramsay et Soddy[1] et confirmée récemment par MM. Curie et Dewar, avec la collaboration de M. Deslandres[2], de la production spontanée de l'hélium dans un tube en verre scellé ne contenant que de l'émanation du radium, laquelle disparaît complètement, comme l'analyse spectrale le montre, est la constatation de la genèse d'un élément chimique.

Cette désagrégation d'un type d'atomes et la reconstitution atomique des mêmes particules intégrantes qui forme un autre type d'atomes, est la démonstration expérimentale de l'unité de la matière. En outre, étant donné la propriété radioactive des deux émissions qui constituent l'émanation, cette constatation démontre que les liaisons interatomiques de la matière pondérable sont dues aux charges électriques des particules intégrantes. L'on sait, en effet, que les particules du rayonnement α, analogue aux rayons canaux de Goldstein, portent des charges positives, et, que celles du rayonnement β, analogue aux rayons cathodiques, sont électrisées négativement. Ces particules ne peuvent pas être des atomes, mais sont certainement des subatomes électrisés, car ils se recombinent entre eux d'une manière différente et telle que, d'après l'analyse spectrale, ils ne reforment plus aucun atome de radium, mais uniquement ceux de l'hélium, lesquels étant stables ne possèdent plus de radioactivité ; pour ne pas les confondre avec les ions électrolytiques, l'on peut appeler *subions* positifs les particules électrisées α et *subions* négatifs les β. L'on évite une confusion entre deux choses très différentes et l'on rend ainsi plus claires les descriptions et explications des phénomènes dus à des actions de cet ordre de grandeur.

En outre cette notion des subions a, selon M. Tommasina, une importance capitale, car elle permet d'appliquer

[1] W. Ramsay et Soddy. *Phys. Zeitschr.*, septembre 1903.

[2] *C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 25 janv. 1904.

la théorie mécanique de l'électricité aux charges des subatomes, pour mettre en évidence la forme purement cinétique, de laquelle l'électron unique est l'élément. Si toute charge est un champ électrostatique, dans lequel les lignes de force sont dirigées vers l'extérieur pour la charge positive et en sens contraire pour la négative, l'électron étant l'élément constitutif autant de l'une que de l'autre charge, il ne peut être lui-même ni positif ni négatif, mais c'est son mode d'action qui sera l'un ou l'autre. D'ailleurs l'électron étant aussi un élément de courant, il ne peut avoir de signe de par sa propre nature, du moment que c'est le sens seul de son déplacement qui le donne au courant. De même, le signe des charges doit dépendre de la distribution des électrons qui les constituent et non pas du signe de ces derniers, chacun desquels est un élément de charge et non pas toute une charge si petite soit-elle. Un élément de charge ne peut pas être une charge, aussi l'électron doit être un élément de tube de force.

La valeur de $\frac{e}{m}$ pour le projectile positif de Goldstein a été trouvée égale, en moyenne, à 9400, celle pour l'atome de l'hydrogène par électrolyse serait 9660, le projectile positif doit donc être un subion positif. Quant au rapport de $\frac{1}{1000}$ qui d'après les résultats de plusieurs expériences, semble exister entre la masse du subion négatif et celle du subion positif, il conduit évidemment à la conséquence que les subions négatifs doivent constituer une espèce d'atmosphère autour de chaque subion positif. Comme l'on sait que l'ensemble ainsi constitué est neutre et qu'il n'est donc pas un ion, mais un atome, il faut en déduire qu'un atome est toujours formé par un ou plusieurs subions positifs, à chacun desquels l'on aurait fourni une atmosphère de subions négatifs, et dont la charge totale est égale et de signe contraire à la charge totale des subions positifs, de cette façon le tout, c'est-à-dire l'atome, serait neutre. Il suffit de supposer que cette neutralisation ne soit pas parfaite de tous les côtés pour y voir l'origine et

la nature électrique de l'affinité chimique des atomes et des molécules, ainsi que des propriétés qui distinguent les corps les uns des autres, car les phénomènes électrolytiques ont lieu dans l'éther. et les subioniques étant de l'ordre de ce dernier, en sont des modifications.

L'on sait que le poids atomique de l'hélium est égal à 4 si l'on adopte, en chiffre rond, 224 pour celui du radium : il en résulte que lorsque l'émanation du radium s'est transformée complètement en hélium, chaque atome du radium aura constitué, avec ses propres particules intégrantes, 56 atomes d'hélium. En outre, si les subions négatifs ont une masse 1000 fois plus petite que les subions positifs, leur nombre proportionnel respectif dans l'atome de radium sera de 112 positifs neutralisés par 112.000 négatifs. tandis que l'atome de l'hélium ne contiendrait que 2 positifs neutralisés par 2000 négatifs, en admettant les charges proportionnelles aux masses. Ces chiffres montrent que la tendance au fractionnement doit être plus grande dans les corps à poids atomique très élevé, comme c'est le cas pour les corps radioactifs que l'on connait.

M. Tommasina conclut, d'après ce qui précède, que les subatomes ne peuvent pas exister sans charge électrique, car, même lorsqu'ils sont réunis pour former un atome, ce sont les effets égaux et en sens contraire de leurs charges qui se neutralisent, les charges opposées doivent nécessairement coexister toujours, car elles constituent précisément, par leurs lignes de force, les liaisons qui maintiennent rapprochés les subions de signe contraire dans un état d'équilibre plus ou moins stable. Ce qui explique pourquoi la radioactivité de l'émanation du radium diminue, comme il a été constaté, au fur et à mesure que les subions s'associent de nouveau pour former les atomes plus stables de l'hélium.

Les atomes des corps ne sont donc pas constitués de subatomes, mais de subions indestructibles positifs et négatifs, tandis que l'électron, unique et sans signe, en est l'élément cinétique éthéré, qui produit par ses pressions les lignes de force de leurs charges, et qui est également

l'élément des radiations électromagnétiques ; conclusions qui viennent à l'appui de sa théorie électrostatique de la gravitation universelle. En effet, si dans le système interatomique agissent des forces électrostatiques, il n'y a pas une raison plausible contre l'hypothèse que les mêmes forces soient en action dans les systèmes astronomiques.

Séance du 7 avril.

Le Secrétaire. 4me Fascicule du Tome 34 des Mémoires. — F. Battelli et Stern (Mlle). Richesse en catalase des tissus animaux. — Ed. Claparède et Borst (Mlle). Fidélité et éducabilité du témoignage.

M. le Secrétaire des publications présente à la Société le 4me fascicule du tome 34 des Mémoires, paru au mois de mars. Ce fascicule renferme : Note sur une opération analytique et son application aux fonctions de Bessel, par C. Cailler. — Rapport du Président pour l'année 1903.

M. Battelli et Mlle Stern rapportent les résultats de recherches faites dans le but d'étudier la *richesse en catalase des différents tissus animaux*. Les auteurs ont examiné les organes d'un animal à sang froid, la grenouille, et d'un animal à sang chaud, le cobaye. Le tissu à étudier était broyé, additionné d'eau distillée et mis en présence d'un excès de H^2O^2. La richesse d'un organe en catalase était dosée par la quantité d'O dégagé.

Les résultats principaux de ces expériences sont rapportés dans le tableau suivant. Les chiffres re rapportant à l'oxygène indiquent la quantité de ce gaz dégagée dans les premières cinq minutes pour un centigr. de substance.

Organes	Espèce animale	O dégagé
Foie	Grenouille	295 cc.
»	Cobaye	305 »
Rein	Grenouille	35 »
»	Cobaye	45 »

Organes	Espèce animale	O dégagé
Sang	Grenouille	7,5 »
»	Cobaye	32,5 »
Cœur	Grenouille	5 »
»	Cobaye	33 cc.
Poumon	Grenouille	5 »
»	Cobaye	25 »
Rate	Grenouille	10 »
»	Cobaye	24 »
Muscles striés	Grenouille	0,6 »
»	Cobaye	3,2 »
Cerveau	Grenouille	1,2 »
»	Cobaye	1,6 »

Ces chiffres montrent qu'il existe une différence énorme entre les organes au point de vue de leur richesse en catalase. A poids égal le foie décompose 150 fois plus de H^2O^2 que le cerveau. On constate en outre que la grenouille et le cobaye présentent dans les glandes (foie, rein) et dans le cerveau des quantités de catalase assez voisines, tandis que dans les autres tissus (cœur, muscles, poumon, sang), la grenouille a une quantité de catalase cinq fois environ inférieure à celle du cobaye.

Ces données porteraient à admettre d'un côté que la catalase est en rapport avec des phénomènes métaboliques spéciaux ayant leur siège principal dans des organes à fonction chimique spécialisée comme le foie. Mais d'un autre côté la catalase paraît aussi être en rapport avec l'intensité des phénomènes du métabolisme en général, car les tissus de la grenouille (cœur, muscles, poumon, sang) possèdent une quantité de catalase notablement inférieure à celle existant dans les mêmes tissus des animaux à sang chaud.

M. Ed. Claparède communique au nom de Mlle M. Borst (de Würzburg) et au sien des expériences faites cet hiver au Laboratoire de Psychologie sur la *fidélité et l'éducabilité*

du témoignage, expériences qui mettent en relief *divers facteurs du témoignage :*

L'importance et la possibilité de l'étude psychologique du témoignage a été montrée en France par Binet, en Allemagne par Stern. Les présentes expériences avaient entre autres pour but de voir si l'exercice améliore le témoignage, et comment il en modifie les divers facteurs.

Le principe de l'expérimentation est le suivant : on montre au sujet une image, représentant une scène quelconque, pendant un temps limité, une minute, par exemple. Ensuite, au bout d'un certain temps, on fait décrire (par écrit) au sujet l'image en question; cette première épreuve accomplie, on l'interroge sur la même image. On a ainsi deux témoignages : le premier, le *récit*, est spontané; le second *(interrogatoire)* est au contraire provoqué. Une fois obtenues ces dépositions, on compte le nombre total des réponses faites, le nombre des oublis, le nombre des fautes; on note aussi combien de réponses n'ont été fournies qu'avec hésitation; combien ont été affirmées sous serment, etc.

Cette numération permet d'obtenir des résultats sur les points suivants : *l'étendue* du témoignage, exprimée par le nombre des réponses totales (ou mieux par le rapport des réponses totales au nombre total des réponses possibles); la *fidélité du témoignage* (rapport des réponses justes au nombre total des réponses faites).

Cette numération permet d'obtenir des résultats sur les points suivants : l'*étendue* du témoignage, exprimée par le nombre des réponses totales (ou mieux par le rapport des réponses totales au nombre des réponses passibles); la *fidélité du témoignage* (rapporte des réponses justes au nombre total des réponses faites) $= \frac{\text{rép. justes}}{\text{rép. totales}}$ l'*assurance* du témoin $= \frac{\text{total des réponses certifiées}}{\text{réponses totales}}$; l'*assurance justifiée* $= \frac{\text{rép. certifiées justes}}{\text{réponses totales}}$; la *fidélité de la*

certitude = $\frac{\text{rép. certif. justes}}{\text{total rép. certif.}}$; *la justesse certifiée* = $\frac{\text{réponses certifiées justes}}{\text{total réponses justes}}$; la *tendance au serment* = $\frac{\text{rep. garanties sous serment}}{\text{réponses totales}}$; la *tendance au serment véridique* = $\frac{\text{rép. jurées justes}}{\text{rép. totales}}$; la *tendance au faux serment* = $\frac{\text{réponses jurées fausses}}{\text{réponses totales}}$; la *fidélité du serment* = $\frac{\text{réponse jurées justes}}{\text{total réponses jurées}}$; *spontanéité de la déposition* = $\frac{\text{réponses totales du Récit}}{\text{rép. totales de l'Interrog.}}$; *spontanéité du souvenir* = $\frac{\text{réponses justes Récit}}{\text{rép. justes Interrog.}}$.

Les expériences faites sur 24 sujets, dont 12 de chaque sexe, ont montré entre autres que *la fidélité du témoignage s'améliorait légèrement avec l'exercice;* elles ont aussi confirmé pleinement ce fait signalé par Binet et Stern que, bien que le témoignage provoqué par interrogation soit beaucoup supérieur au témoignage spontané quant à l'étendue (65 réponses en moyenne contre 40), *il lui est notablement inférieur quant à la fidélité* (83 contre 89). Les expériences ont encore montré que *l'assurance du témoin est un facteur qui varie peu* au cours des diverses circonstances de l'expérimentation, et qu'il paraît dépendre plus du tempérament de l'individu que de sa mémoire. Notons encore que la spontanéité du souvenir n'est pas toujours proportionnelle à son étendue. C'est une chose d'avoir une bonne mémoire de conservation, et une autre chose d'avoir des souvenirs qui surgissent spontanément quand on le désire.

Ces recherches, qui ont un intérêt spécial pour la pratique judiciaire et la pédagogie, seront exposées en détail par Mlle Borst dans les *Archives de Psychologie.*

Séance du 21 avril.

A. Jaquerod et L. Perrot. Point de fusion de l'or. — Th. Tommasina. Solution de deux questions de physique cinématique. — L. Duparc. Nouvelles recherches dans l'Oural.

M. A. Jaquerod expose le résultat de recherches effectuées en collaboration avec M. F.-Louis Perrot sur *le point de fusion de l'or et la dilatation de quelques gaz entre 0 et 1000 degrés*. Les auteurs se sont servi du thermomètre à gaz déjà décrit[1], mais dans lequel l'ampoule de verre était remplacée par une ampoule de silice soudée à un tube capillaire de même matière, et reliée au manomètre au moyen d'un joint en cire à cacheter.

La silice fondue présente le double avantage d'être très rigide et de posséder un coefficient de dilatation près de vingt fois inférieur à celui du platine. Le réservoir thermométrique était placé au centre d'un four cylindrique chauffé au moyen d'une spirale de platine parcourue par un courant électrique. Un fragment de fil d'or, placé à côté de l'ampoule, servait aux déterminations; il fermait un circuit électrique alternatif comprenant un téléphone, qui cessait de vibrer au moment de la fusion. La mesure de la pression initiale du gaz dans le thermomètre se faisait sans déplacer le four, en y introduisant un thermomètre à mercure de Baudin, lu au $^1/_{100}$ de degré. L'appareil fut rempli successivement d'azote, d'air, d'oxygène, d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, à des pressions initiales variées, et les températures de fusion de l'or calculées en prenant comme cofficient de dilatation des quatre premiers gaz la valeur 0,0036650, et pour l'acide carbonique les valeurs du coefficient entre 0-100° résultant des mesures de M. Chappuis (extrapolées en supposant pour une pression nulle $\alpha = 0.0036620$).

[1] Jaquerod et Wassmer. *Journal de Chimie physique*, t. II, p. 55, 1904.

Les résultats ont été les suivants :

Thermomètre.		Pression initiale à 0° (approx.)	Nombre d'expériences.	Température moyenne.
Azote	I	232 mm.	6	1067°2
	II	213 »	6	
	III	198 »	5	
Air		232 »	7	1067°2
Oxygène	I	233 »	6	1067°5
	II	185 »	5	
Oxyde de carbone		233 »	4	1067°,05
Acide carbonique	I	242 »	5	1066°5
	II	175 »	8	

Les conclusions qui résultent de ces expériences sont : 1° que le point de fusion de l'or sur l'échelle du thermomètre à azote (volume constant) est voisin de 1067 degrés ; 2° que les coefficients de dilatation moyens des quatre premiers gaz entre 0 et 1000° peuvent être regardés comme identiques ; 3° que celui de l'acide carbonique est un peu inférieur à ce qu'il est entre 0 et 100 degrés.

Les auteurs se proposent de reprendre ces mesures au moyen du thermomètre à *hélium*, dont les indications doivent se rapprocher beaucoup de l'échelle absolue des températures.

M. Th. Tommasina communique les *solutions théoriques de deux questions fondamentales de physique cinématique*. Le phénomène primaire, parce que *substratum* de tous les autres, qui constitue ce qu'on appelle la transmission de l'énergie, soit dans les espaces interatomiques, soit dans l'espace sidéral illimité, doit être expliqué mécaniquement, si l'on ne veut pas se contenter de mots sans signification concrète. Il faut donc que l'hypothèse de l'existence de l'éther soit complétée par une théorie mécanique. Cette théorie a pour base la solution des deux questions suivantes :

1° *Les dernières ou ultimes particules matérielles n'ayant que la propriété de l'impénétrabilité, c'est-à-dire la propriété d'occuper à l'exclusion de toute autre chose une partie de*

l'espace, ne possèdent aucune élasticité propre, comment peut-on expliquer leur réaction après le choc, réaction qui nous oblige à leur reconnaître au contraire une élasticité parfaite?

2° *En admettant nécessairement le vide absolu autour des particules constituantes des vortex de l'éther, donc n'admettant aucune action à distance, aucune force attractive ou répulsive, comment expliquer l'existence de formes permanentes plus ou moins compliquées?*

M. Tommasina pense qu'on peut résoudre ces questions par les simples lois de la mécanique. En partant de ce qu'on doit considérer comme un axiome physique fondamental, que le vide absolu ne peut transmettre de par soi-même une action mécanique quelconque, on en tire ce corollaire : *Dans le vide absolu une masse matérielle quelconque ne peut présenter une résistance que si elle ou ses parties se trouvent en mouvement.*

Si donc, dans le vide absolu la résistance de la matière n'est due qu'à son mouvement, et si chaque particule possède un mouvement, qui peut être une trajectoire circulaire fermée, lorsqu'un choc vient à se produire entre deux particules également en mouvement, ce choc ne pouvant agir que sur la résistance qu'il rencontre, il agira sur chaque mouvement d'une manière directe, le mouvement étant la seule cause réelle et actuelle de la résistance. Il y aura donc déformation momentanée des deux orbites. Cette déformation de trajectoire, dans laquelle la matière n'agit que d'une façon passive par son déplacement, constitue le ressort idéal, l'élasticité parfaite. L'élasticité est ainsi liée au principe de l'action et de la réaction. En effet, il suffit de supposer immobile dans le vide absolu l'une des particules, pour voir disparaître la réaction, car la résistance qu'elle présente, dans ce cas, étant nulle, après le choc elle ne sera que déplacée, tandis que l'autre continuera son mouvement avec la même vitesse et direction, comme si rien n'avait eu lieu. Cette supposition n'est, d'ailleurs, pas réalisable, toutes les particules possédant des mouvements propres identiques, car d'après la loi d'inertie ces mouvements circulaires fermés doivent être

perpétuels dans le vide absolu. Ainsi, deux particules ne pourront jamais se rencontrer sur une même direction, ni dans le même sens, ni en sens opposé, un élément de leur trajectoire étant toujours curviligne ne se confondra jamais avec la tangente. Deux particules, pour se rencontrer dans la même direction, devraient parcourir la même orbite en sens opposé, ce qui ne peut pas arriver, chaque particule ayant une orbite propre.

M. Tommasina donne à la première question la réponse suivante :

La résistance des particules non élastiques n'étant due, dans le vide absolu, qu'à leur mouvement, ce qui est déformé par le choc n'est que leur forme cinétique, laquelle en fait ainsi des agents dont l'élasticité est parfaite.

Si l'on suppose deux particules *a* et *a'*, qui parcourent dans le même sens et avec la même vitesse deux trajectoires identiques sur deux plans parallèles infiniment rapprochés, ces particules sont en équilibre indifférent, ne pouvant jamais s'entre-choquer spontanément. C'est le même cas pour deux autres particules *a*, *a'*, dont les trajectoires se trouvent sur un même plan, car à cause du synchronisme parfait, chaque fois qu'elles viennent à passer par leur point de conjonction tangentielle, se trouvent pendant un instant dans les mêmes conditions que les premières, étant dirigées dans le même sens. Or, comme la résistance dépend du mouvement, *l'inertie de position* de l'orbite de chaque particule est proportionnelle à la vitesse, aussi les chocs ne font que constituer les actions réciproques. *Sans qu'il y ait donc aucune force, aucune tendance entre les particules* a, a', *et même à cause de cette absence d'action entre elles, les orbites de* a *et de* a' *restent rapprochées par l'inertie de position propre à chacune et proportionnelle aux vitesses.* Pour les éloigner, il faudrait faire naître entre elles une force répulsive. *Donc toute forme cinétique composée de cette façon, quel que soit le nombre des éléments, sera permanente.* C'est la réponse que M. Tommasina donne à la seconde question.

Ces deux questions ainsi résolues, M. Tommasina dit

avoir pu avancer d'un pas sûr dans la recherche de la constitution cinétique de l'éther, laquelle pour être la vraie, doit être la seule possible, car l'éther, d'après les lois de l'optique, est certainement un élément invariable. Il faut donc que deux molécules voisines de l'éther ne puissent jamais se trouver dans l'état d'équilibre indifférent des particules *a*, *a'*, mais qu'elles exercent toujours des pressions constantes entre elles, sans quoi la transmission de la lumière ne pourrait se faire suivant les lois connues. M. Tommasina, à l'aide de dessins, explique la constitution et la cause de la permanence du vortex de l'éther, qui est un tourbillon multiple, ou tore secondaire, constitué de tores primaires, ces derniers étant formés de particules élémentaires, liées entre elles d'après les lois mécaniques qu'il vient de mentionner.

M. le prof. Duparc parle de ses dernières *recherches dans l'Oural*. Nous aurons l'occasion de revenir sur cette communication.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

F.-A. Forel. Le Léman, monographie limnologique, t. III, 2e livraison, Lausanne, F. Rouge & Cie, éditeurs. 1904.

Nous tenons à signaler immédiatement à nos lecteurs l'apparition de la seconde moitié du tome III et dernier de la monographie que M. Forel a intitulée *le Léman*, du nom de ce lac incomparable qu'il y décrit si bien, ainsi que tous les phénomènes dont il est le siège. Cette dernière livraison était impatiemment attendue de tous les amis de la nature dans notre pays et au dehors.

Ce bel ouvrage est désormais complet et constitue un monument qui fait le plus grand honneur à son auteur et à la science suisse en général. Il faut l'avoir en mains et le consulter pour se rendre compte de la masse énorme de faits et d'observations qui y sont accumulés et que nul mieux que M. Forel ne pouvait présenter au monde savant. Le lac de Genève, à bon droit, est sa chose; il l'a étudié avec amour; il y a appliqué chaque jour et à chaque heure son talent d'observation si fin, si sûr et, ce qui n'y gâte rien, si enthousiaste. Il nous y donne la confidence d'un ami et du meilleur des amis sur un ami qui n'a plus de secrets d'aucune sorte pour lui. Il nous le fait connaître sous toutes ses faces, il nous le fait surtout aimer et admirer. Le livre de M. Forel, œuvre éminemment personnelle et supérieurement documentée, est maintenant achevé. Il se recommande de lui-même, il n'a pas besoin de nous pour ça. Nous ne voulons pas davantage en donner l'analyse ici, nous ne ferions que gâter l'impression pleine de charme qui en découle. Il faut le lire, et cette lecture fera goûter les plus vives jouissances à tous les adeptes de la nature.

E. S.

J.-A. Pollock. Comparaison entre les périodes d'oscillation des vibrations électriques dans des circuits de forme simple (*Journal and Proceeding of the Royal Society of N. S. Wales*, vol. XXXVII).

Le but du travail entrepris par M. J.-A. Pollock, professeur de physique à l'Université de Sydney, était de comparer la période des oscillations qui se produisent dans un cadre rectangulaire mince fermé, avec la période d'oscillation dans les fils rectilignes et dans les fils circulaires ouverts ou fermés.

Le dispositif expérimental, dans son ensemble, est celui employé déjà par plusieurs physiciens. Un premier circuit comprend un condensateur formé de deux plateaux métalliques placés en regard l'un de l'autre, et deux fils de jonction séparés par un petit intervalle où doit jaillir l'étincelle de décharge qui donnera naissance aux oscillations électriques. Ces oscillations sont transmises à un second circuit formé d'un cadre rectangulaire placé dans le voisinage. Ce circuit rectangulaire est relié à deux boîtes métalliques placées à une petite distance des plateaux du condensateur. Les courants oscillants produits dans ce cadre agissent à leur tour sur un troisième circuit auquel on donne la forme et la dimension voulues. Enfin, les observations sont effectuées au moyen du détecteur magnétique imaginé par M. Rutherford.

On sait qu'au début des expériences sur les oscillations électriques, on admettait, en se basant sur des considérations théoriques, que la longueur d'onde devait être égale à deux fois la longueur du circuit du résonateur. Divers expérimentateurs avaient imaginé des dispositifs qui semblaient confirmer cette manière de voir. Par contre, les expériences bien connues de MM. Sarasin et de la Rive et d'autres physiciens montrèrent nettement que la longueur d'onde était plus de deux fois la longueur du résonateur.

Les considérations théoriques développées par Macdonald (*Electrical Waves*, Cambridge, 1902) sont venu jeter un jour nouveau sur cette question et confirmer d'une

façon complète les résultats expérimentaux obtenus par MM. Sarasin et de la Rive.

En effet, dans le cas des résonateurs circulaires ouverts, MM. Sarasin et de la Rive indiquent comme résultat final une longueur d'onde de 600 cm. pour un résonateur ouvert de 234 cm. de circonférence et une longueur d'onde de 400 cm. pour une circonférence de 156 cm., soit 2.56 comme rapport entre la longueur d'onde et la longueur développée du résonateur. Or, la théorie de Macdonald conduit à la valeur 2.53 de ce rapport. L'accord ne peut être plus complet. A noter cependant qu'il n'est pas tenu compte de l'influence que peut exercer l'épaisseur du fil dont est fait le résonateur, ni de la dimension absolue du circuit.

Les expériences très complètes faites par M. le prof. Pollock font ressortir cette dernière influence et conduisent par extrapolation, dans le cas des expériences de MM. Sarasin et de la Rive, à la valeur de 2.45. Pour obtenir l'accord complet entre ses propres expériences et celles de MM. Sarasin et de la Rive, M. Pollock pense qu'il faudrait tenir compte, dans le calcul, des effets parasites de capacité que peuvent introduire les extrémités du résonateur ouvert, ou bien admettre que la vibration dans le cadre rectangulaire fermé a une longueur d'onde un peu plus grande que la longueur du périmètre, et cela par le fait que l'épaisseur du fil n'est pas infiniment petite.

C.-E. G.

S. Curie (Mme). Recherches sur les substances radioactives. Thèse de doctorat, Paris, 2e édition, un vol. de 155 p. chez Gauthier-Villars, Paris, 1904.

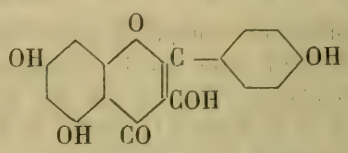
Les lecteurs des *Archives* ont déjà été tenus au courant de ce beau travail, par le compte rendu qui en a été publié dans le cahier d'octobre 1903. Nous nous bornons donc à leur signaler la nouvelle édition, revue et complétée, que Mme Curie vient d'en faire paraître. P. G.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

St. von Kostanecki, V. Lampe et J. Tambor. Synthèse du kaempférol (*Berichte der D. Ch. Ges.* 37 (1904) 2096. Berne).

Le kaempférol, matière colorante végétale jaune, renfermée dans la racine de galanga, a été obtenu en 1896 par Gordin et Kostanecki en faisant bouillir la kaempféride avec l'acide iodhydrique ; les formules de constitution données alors par les auteurs pour le kaempférol et la kaempféride viennent d'être confirmées par la synthèse de ce colorant, qui constitue le *1. 3. 4' trioxyflavonol*



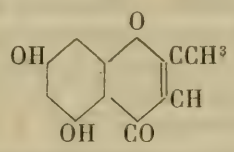
Pour opérer cette synthèse, les auteurs sont partis de la 2'oxy-4'-6'-4' triméthoxychalkone, qu'ils ont transformée par ébullition de sa solution alcoolique en 1. 3. 4' triméthoxyflavanone ; celle-ci a fourni par nitrosation un dérivé isonitrosé qui, chauffé avec les acides minéraux étendus, a donné le 1. 3. 4' triméthoxyflavonol. En faisant enfin bouillir cette combinaison avec l'acide iodhydrique fort, on a obtenu le 1. 3. 4' trioxyflavonol. Le kaempférol synthétique a été identifié avec le colorant végétal : il fond à 275° et se fixe sur le coton mordancé à l'alumine en une très jolie nuance jaune peu intense. Son *dérivé tétracétylé* $C^{15}H^{6}O^{2}(OCOCH^{3})_{4}$ cristallise dans l'alcool en aiguilles prismatiques blanches qui fondent à 181°, de même que le dérivé tétracétylé du kaempférol.

E. Jochum et St. von Kostanecki. Sur la 1. 3-dioxy-β-méthylchromone (*Berichte der D. Ch. Ges.*, t. 37, 1904, p. 2099 à 2101, Berne).

On trouve fréquemment dans le règne végétal des colo-

rants jaunes qui sont des flavones renfermant le résidu de la phloroglucine. Aussi les auteurs ont-ils trouvé intéressant d'étudier les chromones renfermant ce même résidu. Quoique ces substances n'aient pas encore été rencontrées dans la nature, elles présentent cependant un certain intérêt pour la chimie végétale.

Kostanecki et Ruyter de Wildt ont déjà fait part de leurs recherches sur la 1. 3 dioxychromone : les auteurs ont préparé, d'après la méthode de Bloch et Kostanecki, la 1. 3. dioxy-β-méthylchromone. Ils ont dans ce but condensé, en présence de sodium métallique, l'éther diméthylique de la phloracétophénone avec l'éther éthylacétique. et ils ont ainsi obtenu la 2. 4. 6-triméthoxyacétyl-acétophénone, qui, par ébullition avec l'acide iodhydrique concentré, donne par fermeture de la chaîne et déméthylation. complète la 1. 3 dioxy-β-méthylchromone :



Ce composé se présente, après purification, sous la forme de feuillets incolores, fusibles à 290°. Il est facilement soluble en jaune dans la lessive de soude : l'acide sulfurique concentré colore les cristaux en jaune pâle et fournit une solution incolore, dépourvue de fluorescence. Son *dérivé diacétylé* cristallise dans le mélange de benzène et de ligroïne ou dans l'alcool étendu, en aiguilles blanches, F. 149°.

BOTANIQUE

August Piccard. Neue Versuche über die geotropische Sensibilitæt der Wurzelspitze. *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, Bd. XV, Hft. I, 1904.

Darwin a soutenu le premier que, dans les racines des plantes, l'action fléchissante de la pesanteur est perçue

exclusivement par l'extrême pointe pour être transmise de là à la zone du maximum de croissance qui exécute la courbure géotropique. Cette opinion, combattue au début, mais confirmée depuis par les nombreuses expériences de Czapek et Fr. Darwin, est aujourd'hui assez généralement admise. M. Piccard a réalisé, lui aussi, une série d'expériences aussi ingénieuses que nouvelles, mais qui l'ont conduit à des résultats en contradiction avec l'opinion reçue. Remplaçant, dans la principale de ces expériences, la pesanteur par la force centrifuge, M. Piccard fixe une fève en germination sur un appareil rotatif, en la disposant de telle manière que la direction de la force centrifuge agissant sur la pointe de la radicule soit inverse de la direction de cette même force agissant sur la zone du maximum de croissance. Au bout d'une heure environ, on transporte la fève sur un clinostat, où l'on ne tarde pas à observer une double courbure en S s'étendant depuis la pointe de la jeune racine jusqu'au sommet de la zone de croissance. L'auteur conclut de cette expérience, répétée et variée de diverses manières, que toute cette région de la racine est directement sensible à l'action de la force centrifuge et, partant, de la pesanteur, et qu'il n'existe pas de transmission longitudinale de l'irritation géotropique. D'autres expériences, comparables à la précédente, mais où la gravitation est remplacée par la force attractive ou répulsive de deux conducteurs chargés d'électricité statique, ont donné des résultats concordants.

A l'exception de ceux de Ch. Darwin, M. Piccard ne discute pas les résultats expérimentaux contraires aux siens de ses devanciers. C'est là un reproche qu'on pourra lui adresser. A. DE C.

ALBERT RILLIET

Deux mois se sont à peine écoulés depuis la mort de Charles Soret et voici nous avons de nouveau vu partir un des meilleurs, un des plus distingués, un des plus excellents parmi nos collaborateurs des *Archives des Sciences physiques et naturelles*. Albert Rilliet a été enlevé à notre amitié le 7 juin au matin, après une longue maladie supportée avec une sérénité et une force d'âme extraordinaires.

Les premiers symptômes d'une affection très grave au foie sont apparus l'automne dernier, pendant qu'il était occupé à donner à l'Athénée une série de conférences publiques sur les nouvelles radiations et sur les nouveaux points de vue en physique. La difficulté du sujet, le soin extrême qu'il mit à le préparer dans le désir de rester toujours parfaitement clair même pour les gens les moins portés à saisir les notions abstraites de la science, l'effort très grand qu'il dut faire pour cela, au moment où déjà ses forces physiques le trahissaient

sans qu'il voulût s'en apercevoir ni se ménager, ont dû très probablement précipiter les progrès du mal dont les premières manifestations ne tardèrent pas à inquiéter très vivement ses amis, ses parents, sa fidèle compagne surtout, et ses fils qui l'entourèrent dès lors des soins les plus attentifs et les plus délicats. Il fut souffrant tout l'hiver quoi qu'il n'en voulût rien laisser voir et se montrât confiant dans la guérison.

Le 17 mai il voulut recevoir la dernière réunion du Comité de Rédaction des *Archives*, celle qui devait rester la dernière pour lui, il y était gai et jouissant. Le surlendemain il partait pour Vichy. Il en revenait le 4 juin dans sa propriété du Vengeron, près de Genève, pour s'éteindre le 7 au matin, doucement et presque sans souffrances. Mort paisible et forte comme le fut toute sa vie.

ALBERT-AUGUSTE RILLIET est né à Genève le 25 avril 1848. Il perdit très jeune encore son père, le Dr Rilliet, médecin très distingué. Sous la puissante impulsion de son oncle, le très savant historien Albert Rilliet-de Candolle, il prit le goût du travail et acquit une solide culture intellectuelle. Après Genève, ses études se poursuivirent à Paris où il prit son grade de licencié ès sciences (1870), à Leipzig, et à Zurich. C'est dans le cours d'un travail entrepris au laboratoire de chimie de l'Université de Zurich, comme assistant du fameux Victor Meyer, sur les propriétés de certaines matières détonantes, qu'il fut victime de son dévouement pour la science et perdit complètement la vue

d'un œil. Nous ne saurions dire lequel, tant il avait appris à s'en passer et tant il faisait illusion à cet égard dans tous les actes qu'il accomplissait.

Revenu à Genève, il se livra tout entier à sa passion pour l'enseignement, dans les établissements secondaires de l'instruction publique d'abord, puis, plus tard seulement, à l'Université. Il aimait, en effet, tout particulièrement à rendre clairs et faciles les grands principes de la physique à ceux qui avaient le plus de peine à les comprendre, à rendre cette nourriture scientifique assimilable pour ces jeunes cerveaux que la crainte tient trop souvent éloignés et qui ne demandent qu'à se rapprocher quand le maître sait se mettre à leur portée. C'était là la principale ambition de Rilliet, comme son principal souci celui de se dévouer au bien des autres avant de songer à lui-même et à sa réputation. Le nombre de ses publications originales s'est peut-être un peu ressenti de cette direction donnée à son activité scientifique. Ses anciens élèves ne s'en plaindront pas; il s'est constamment sacrifié pour eux soit dans ses cours, soit dans la direction des exercices pratiques au laboratoire de l'Université, soit en suivant avec le plus vif intérêt l'élaboration de leurs thèses.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de ses travaux, ils ont à peu près tous paru dans notre publication. Les premiers ont porté sur des sujets de chimie, la science à laquelle il s'était voué d'abord, et ont été en général faits en commun avec son ami Emile Ador. Plus tard il se tourna du côté de la physique et

fut le collaborateur de Louis Soret[1] pour des recherches sur l'absorption des rayons ultra-violets par diverses séries de substances organiques. Après la collaboration du père ce fut celle du fils, qu'il trouva dans l'enseignement de la physique à l'Université. Ils ne sont plus là pour nous le dire, ni l'un ni l'autre, mais nous sommes bien sûrs qu'ils ne nous contrediraient pas si nous affirmions ici que ce travail côte à côte dans l'institut de physique de notre Université dans un égal et commun amour pour la science et pour la jeunesse studieuse a été pour Charles Soret et Albert Rilliet une des grandes joies de leur vie.

Et pour nous aussi les rapports intimes qu'il nous a été donné d'avoir avec eux dans le cercle plus étroit du *Comité de Rédaction des Archives* ont été d'un prix inestimable qui rend plus douloureuse encore la séparation d'avec de si bons amis. E. S.

[1] Rilliet, associé aux derniers travaux de J.-L. Soret, a tenu à rendre ici même un dernier hommage à ce maître aimé et vénéré et a retracé de sa plume compétente sa carrière scientifique et son noble caractère. *Archives* 1890, t. XXXIV, p. 305.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1904

Le 1er, fort vent de 1 h. à 4 h. du soir.
2, fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
3, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin, et à 10 h. du soir.
4, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin.
5, forte rosée le matin.
6, fort vent à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; pluie à 4 h., à 7 h. et à 9 h. du matin; neige sur les montagnes environnantes.
7, fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir; pluie à 1 h., à 7 h. et à 10 h. du soir.
8, pluie dans la nuit et de 4 h. à 9 h. du soir; très fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
9, pluie dans la nuit; fort vent le matin jusqu'à 4 h. du soir.
10, pluie dans la nuit et de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
11, fort vent à 10 h. du matin; pluie à 4 h. et à 7 h. du soir.
12, forte bise à 1 h. du soir.
13, forte rosée le matin.
14, rosée le matin.
15, la dernière tache de neige a disparu sur le Salève.
16, rosée le matin.
17, rosée le matin; très fort vent de 1 h. à 7 h. du soir.
18, fort vent de 1 h. à 4 h. du soir; orage à 5 h.; averse.
19, pluie dans la nuit et dans la matinée; fort vent à 1 h. et bise à 7 h. du soir.
20, forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.; éclairs à l'est pendant la soirée.
21, très fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir; orage et fortes averses à 3 h. 40 m.
22, éclairs et tonnerres dans la soirée; pluie à 10 h. du soir.
23, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin, à 1 h. et à 4 h. du soir; très fort vent dans la matinée.
24, forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
25, très forte rosée le matin; forte bise à 1 h. du soir.
26, halo solaire coloré; éclairs au N. le soir.
27, orage et forte averse sur les Voirons à 2 h. 30 m. et pluie à 4 h. du soir.
28, pluie dans la nuit.
29, rosée le matin.
31, rosée le matin; fort vent dans l'après-midi; pluie à 4 h. et à 7 h. du soir.

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	29.0	28.3	28.9	28.46	+ 3.51	27.8	29.0	N. 1	SSW. 2	N. 0	var.	6.9	9	8	1	7	7.0	....	....
2	30.2	29.5	29.9	29.68	+ 4.70	29.4	30.4	S. 0	SSW. 2	SW. 0	SSW. 1	10.0	0	5	2	3	10.1	1.4	1
3	30.9	30.1	29.5	30.02	+ 5.00	29.2	31.0	SSW. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	10.0	10	10	10	10	....	3.4	3
4	27.6	28.1	30.0	28.51	+ 3.45	27.5	30.5	SSW. 1	SSW. 1	SE. 1	SSW. 1	9.4	10	10	7	8	3.0	1.9	2
5	30.4	29.5	28.0	29.25	+ 4.15	27.5	30.4	N. 0	N. 2	S. 0	NNE. 1	7.3	0	0	0	0	11.2	....	....
6	25.2	23.8	24.9	24.98	- 0.16	23.7	27.0	SE. 0	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	5.2	6	10	10	9	3.9	3.0	3
7	20.9	20.3	20.4	20.89	- 4.29	20.0	23.2	SW. 1	SSW. 2	S. 1	SSW. 1	10.0	7	10	7	9	2.7	4.9	4
8	21.1	20.0	22.4	**20.87**	**- 4.35**	**19.9**	23.6	SSW. 1	SSW. 3	SSW. 1	SSW. 1	13.1	9	10	10	8	4.1	11.4	7
9	25.9	27.4	29.8	26.87	+ 1.61	23.4	30.0	SSW. 2	SSW. 3	N. 0	SSW. 2	**13.4**	7	10	7	5	4.9	0.1	1
10	29.2	29.3	30.9	29.71	+ 4.40	29.0	30.9	NW. 0	N. 0	S. 0	var.	2.9	10	10	7	9	....	11.6	**8**
11	31.2	31.4	32 7	31.51	+ 6.16	30.6	32.9	SSW. 1	SW. 1	S. 0	SSW. 1	6.6	10	10	10	9	....	1.0	1
12	33.2	32.7	32.8	32.74	+ 7.35	32.0	33.5	N. 0	N. 2	E. 0	N 1	3.7	10	5	0	5	7.3	....	....
13	34.1	34.5	33.4	**33.53**	**+ 8.09**	32.5	**34.2**	N. 1	NNE. 1	S. 0	N. 1	4.2	0	1	1	1	12.8	....	....
14	34.0	32.2	30.8	32.32	+ 6.84	30.4	34.1	S. 0	N. 1	S. 0	var.	4.6	6	5	3	4	12.0	....	....
15	30.8	30.2	30.4	30.49	+ 4.96	29.7	31.1	S. 0	SW. 0	S. 0	var.	4.2	9	2	0	3	8.6	....	....
16	31.3	30.2	29.8	30.30	+ 4.73	28.9	31.3	S. 0	N. 1	S. 0	var.	4.2	1	0	0	1	**13.1**	....	....
17	30.5	30.5	29.9	30.00	+ 4.38	29.0	30.5	S. 0	SSW. 3	S. 1	SSW. 1	8.0	0	7	3	3	11.2	....	....
18	31.1	29.4	29.2	29.88	+ 4.22	27.9	31.6	SSW. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	8.5	10	8	10	9	5.2	2.9	2
19	28.9	28.9	28.9	28.98	+ 3.27	28.5	29.6	N. 0	ESE. 2	N. 1	NNE. 1	7.1	10	10	10	10	...	1.2	2
20	29.3	28.5	27.1	28.29	+ 2.54	26.6	29.4	NNE. 1	NNE. 2	S. 0	NNE. 1	7.7	10	7	7	9	2.7	....	....
21	27.1	26.6	27.7	26.95	+ 1.15	26.2	27.9	SE. 0	SSW. 3	SE. 0	SSW. 1	5.0	9	4	1	6	7.2	0.3	...
22	28.4	26.7	25.1	26.84	+ 1.00	24.9	28.4	N. 0	N. 1	NE. 1	N. 1	6.3	6	6	10	6	10.3	**24.0**	6
23	24.2	27.0	29.7	26.52	+ 0.63	23.0	30.0	SSW. 2	SSW. 2	ESE. 1	SSW. 1	7.3	10	10	10	10	....	4.5	3
24	29.2	27.6	27.0	27.96	+ 2.03	26.5	29.8	NNE. 1	NNE. 2	N. 1	NNE. 2	9.0	8	2	0	3	11.2	....	....
25	27.4	26.4	26.7	26.77	+ 0.79	25.8	27.4	SW. 0	N. 2	NE. 1	N. 1	4.2	5	7	9	6	7.0	....	....
26	27.2	26.2	26.3	26.53	+ 0.51	25.8	27.2	S. 0	N. 1	S. 0	var.	3.6	1	10	10	7	6.8	....	....
27	27.9	27.7	30.8	28.23	+ 2.16	26.0	31.1	SSW. 1	N. 1	E. 0	var.	6.3	10	8	9	9	4.0	3.8	2
28	31.1	30.6	30.7	30.72	+ 4.61	30.7	31.2	SE. 0	N. 1	NE 0	N. 1	5.4	10	3	3	6	6.9	....	....
29	29.6	28.0	26.6	28.30	+ 2 14	26.3	30.6	N. 1	N. 2	N. 0	N. 1	5.6	1	1	0	1	12.9	....	....
30	27.1	26.7	26.3	26.67	+ 0.47	25.9	27.1	N. 1	NNE. 2	N. 0	N. 1	1.8	10	6	0	4	10.2	....	....
31	28.1	28.1	29.5	28.24	+ 1.99	27.2	30.0	S. 0	SSW. 3	SW. 1	SSW. 1	5.8	4	10	10	8	6.2	0.4	1
Mois	28.77	28.27	28.60	28.42	+ 3.18							6.69	6.7	6.6	5.4	6.1	202.5	75.8	46

GENÈVE — MAI 1904

Jour du Mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre.
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+11.0	+22.0	+15.7	+15.86	+ 4.80	+10.0	+24.5	82	28	53	62	- 7	**23**	100	....	.....	1080
2	15.1	22.4	15.4	17.45	+ 6.24	11.1	24.5	57	43	62	**53**	-16	41	74	10.9	+ 0.7	1138
3	11.0	15.3	13.4	13.65	+ 2.30	10.5	18.0	85	69	71	71	+ 1	60	85	10.8	+ 0 5	1137
4	10.7	14.4	10.0	12.05	+ 0.56	8.5	16.2	89	56	54	69	0	41	95	11.3	+ 0.9	1142
5	7.1	13.3	9.6	9.99	- 1.65	3.4	15.5	80	36	59	58	-12	26	97	9.7	- 0.8	1167
6	7.9	13.6	6.6	8.39	- 3.39	**3.0**	18.2	72	58	84	73	+ 3	35	95	10.1	- 0.6	1165
7	7.0	9.2	7.2	**7.50**	- **4.43**	3.2	12.4	77	67	83	74	+ 4	44	96	9.3	- 1.5	1147
8	8.6	14.0	7.4	9.35	- 2.72	4.3	15.6	68	30	89	70	0	30	89	....	.....	1160
9	7.2	12.2	8.7	9.52	- 2.69	6.1	14.0	70	35	70	61	- 9	35	85	8.1	- 2.9	1147
10	7.5	9.6	9.7	8 54	- 3.82	5.3	10.7	79	95	81	**89**	+19	79	97	7.9	- 3.2	1137
11	10.7	14.2	9.6	11.00	- 1.50	8.0	15.0	68	56	92	75	+ 5	56	91	7.4	- 3.8	1177
12	8.3	13.8	11.0	10.89	- 1.75	6.2	16.9	91	61	76	74	+ 4	36	98	....	.....	1205
13	9.7	16.7	13.4	12.61	- 0.17	5.5	19.7	76	47	70	65	- 5	29	95	7.7	- 3.8	1182
14	11.7	16.9	16.6	14.71	+ 1.79	6.5	25.3	75	56	65	65	- 5	34	94	7.7	- 3.9	1167
15	14.2	25.0	18.2	17.89	+ 4.82	10.3	26.9	76	38	63	63	- 7	36	90	....	.....	1205
16	15.0	19.4	17.7	16.46	+ 3.25	9.9	23.0	75	55	71	69	- 1	46	90	8.3	- 3.5	1197
17	16.7	27.7	21.8	20.25	+ 6.90	11.0	**29.0**	73	34	58	58	-12	34	85	12.5	+ 0.6	1202
18	19.2	25.8	17.0	**20.73**	+ **7.24**	16.8	27.8	57	38	76	54	**-16**	38	80	14.2	+ 2.1	1187
19	16.3	17.4	14.7	17.32	+ 3.70	13.9	22.5	85	94	92	83	+13	69	94	13.7	+ 1.5	1257
20	13.1	17.2	15.4	14.95	+ 1.19	12.5	19.0	63	65	88	77	+ 7	63	92	13.3	+ 1.0	1277
21	17.7	23.7	17.1	17.90	+ 4.00	13.3	25.5	72	41	73	64	- 6	41	73	13.8	+ 1.4	1362
22	16.0	20.0	17.8	16.16	+ 2.13	10.4	21.8	79	58	75	75	+ 5	58	95	....	.....	1350
23	10.3	10.5	9.3	10.86	- 3.31	8.8	15.4	92	78	82	**89**	**+19**	78	97	13.4	+ 0.8	1347
24	11.0	16.3	14.4	13.15	- 1.15	8.6	18.5	86	61	75	76	+ 6	57	95	12.3	- 0.5	1492
25	12.4	19.2	16.4	15.15	+ 0.71	8.0	22.2	82	57	77	74	+ 4	55	95	12.7	- 0.2	1472
26	15.9	24.6	18.1	19.29	+ 4.72	12.9	27.0	82	55	86	71	+ 1	43	95	14.1	+ 1.1	1477
27	18.9	22.5	15.0	18.19	+ 3.49	14.8	26.1	66	58	95	74	+ 4	41	98	15.0	+ 1.9	1527
28	17.0	19.1	16.0	16.90	+ 2.07	14.0	20.5	94	64	74	79	+ 9	58	99	14.4	+ 1.2	1587
29	15.3	20.2	17.3	17.04	+ 2.08	11.0	23.7	74	50	73	64	- 6	27	85	....	.....	1575
30	15.8	19.6	17.3	16.71	+ 1.62	11.5	21.7	79	68	77	76	+ 6	65	88	16.1	+ 2.6	1607
31	+17.4	+23.0	+14.5	+17.26	+ 2.05	12.5	26 5	78	45	85	71	+ 1	45	84	16.0	+ 2.4	1624
Mois	+12.76	+18.03	+13.94	+14.44	+ 1.24	+ 9.41	+20.76	77	55	75	70	0			11.63	- 0.09	1287

MOYENNES DE GENÈVE. — MAI 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.13	26.73	27.04	26.84	26.63	26.58	26.90	27.55	26.93
2e »	31.11	31.17	31.44	31.30	30.83	30.08	29.96	30.54	30.80
3e »	27.75	27.62	27.92	27.80	27.42	26.97	27.42	28.00	27.61
Mois	28.63	28.48	28.77	28.62	28.27	27.85	28.07	28.68	28.42

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc	+ 8.83	+ 7.57	+ 9.31	+13.48	+14.60	+13.92	+12.21	+ 9.92	+11.23
2e »	11.82	10.86	13.49	16.95	19.41	20.67	17.82	14.43	15.68
3e »	13.25	12.30	15.25	17.97	19.88	19.00	17.33	14.93	16.24
Mois	11.36	10.31	12.76	16.19	18.03	17.90	15.84	13.15	14.44

Fraction de saturation en %.

1re décade	79	88	76	56	52	55	65	73	68
2e »	85	84	74	60	54	49	63	77	68
3e »	87	88	80	66	58	61	70	82	74
Mois	84	86	77	61	55	55	66	77	70

Dans ce mois l'air a été calme 231 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{75}{105} = 0.71$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 51°.0 W.
Son intensité est égale à 24.9 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		728.55
Nébulosité		6.2
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+11°.91
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+11°.67
Fraction de saturation		69 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	725.24
Nébulosité	(1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie	(1826-1875).	79mm.2
Nombre de jours de pluie	(id.).	12
Température moyenne	(id.).	+13°.20
Fraction de saturat.	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	119.0	106.7	84.5	83.0	97.5	82.5	79.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	79.9	75.8	79.1	98.8	100.0	137.8

Durée totale de l'insolation à Jussy : 119h.6.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1904

Le 3, pluie.
4, pluie et neige ; très forte bise dans l'après-midi.
6, pluie.
7, très fort vent dans la journée.
8, très fort vent ; pluie et neige.
10, pluie et neige.
11, brouillard le matin ; pluie et neige.
18, pluie le soir et orage vers 6 h. 30 m.
20, orage de 9 à 10 h. du soir ; pluie.
21, pluie.
22, pluie et orage à 8 h. 15 m. du soir.
23, violente bise dans l'après-midi ; neige le matin.
28. pluie.
31, pluie et très fort vent.

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1904

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	68.3	69.5	69.1	69.0	+ 6.3	68.0	69.5	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	5	7	10	7	....	....
2	68.8	69.8	69.3	69.3	+ 6.5	68.5	70.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
3	67.8	67.7	67.0	67.5	+ 4.6	66.8	68.0	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	0.8	....
4	65.2	64.1	64.2	64.5	+ 1.5	63 9	66.0	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	8.0	7
5	64.6	65.5	65.5	65.2	+ 2.1	64.0	65.8	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	0	0	1	0	....	....
6	63.1	62.0	60.0	61.7	− 1.5	59.5	64.2	SW. 2	SW. 2	NE 2	SW. 2	4	6	7	6	1.2	...
7	57.2	56.7	57.3	**57.1**	− **6.2**	**56.2**	59.0	SW. 2	SW. 3	SW. 1	SW. 2	6	8	5	6	....	....
8	58.6	59 7	59.4	59.2	− 4.2	57.9	60.0	SW. 3	SW. 3	NE. 2	SW. 3	4	5	10	6	8.0	7
9	61.2	63.0	65.2	63.1	− 0.4	60.8	66.0	SW. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
10	66.6	67.2	67.6	67.1	+ 3.5	66.0	67.9	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	8	10	10	9	**12.8**	5
11	66.6	67.0	67.5	67.0	+ 3.3	66.3	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	3.8	2
12	67.9	67 1	69.6	68.2	+ 4.4	66.9	70.1	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	0	0	9	3	....	....
13	70.3	70.9	71.7	71.0	+ 7.1	70.0	72.1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
14	72.1	72.2	71.6	72.0	+ 8.0	71.0	72.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
15	70.8	71.5	72.1	71.5	+ 7.4	70.5	72.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	0	0	3	....	....
16	71.8	72.3	72.5	72.2	+ 8.0	71.4	73.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
17	72.4	73.1	73.1	**72.9**	+ **8.6**	72.3	**73.2**	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	3	2	2	....	....
18	71.4	71.5	71.2	71.4	+ 7.0	71.0	72.0	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	4	7	10	7	7.9	....
19	69.6	69.4	69.1	69.4	+ 4.9	68.9	70.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	6	8	8	....	....
20	69.4	69.9	69.7	69.7	+ 5.1	69.0	70.1	NE. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	1	10	4	4.8	....
21	68.6	68.5	68.6	68.6	+ 3.9	68.1	68.9	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	6	10	8	1.5	....
22	68.4	68.6	67.4	68.2	+ 3.4	67.0	68.9	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	1	10	4	**12.8**	1
23	62.0	61.6	64.5	62.7	− 2.2	61.3	64.8	NE. 1	NE. 4	NE. 4	NE. 4	10	9	9	9	12.5	4
24	66.1	67.0	67.8	67.0	+ 2.0	66.0	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
25	67.7	69.4	70.1	69.1	+ 4.0	67.2	70.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	8	7	8	....	....
26	70.7	71.5	71.2	71.1	+ 6.0	70.2	71.9	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	4	6	5	5	....	....
27	70.1	69.8	69.6	69.8	+ 4.6	69.0	70.2	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	5	5	7	6	....	....
28	69.9	69.5	70.3	69 9	+ 4.6	69.5	70.5	NE. 2	NE. 2	NE 1	NE. 2	10	4	10	8	8.0	....
29	68.5	68.7	68.4	68.5	+ 3.1	68.0	69.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
30	69.2	68.8	69.9	69.3	+ 3.8	68.6	70.2	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	4	0	3	....	....
31	70.5	70.3	69.5	70.1	+ 4.5	69.0	70.8	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	7	10	9	3.0	....
Mois	67.59	67.86	68.06	67.84	+ 4 00							4.6	4.4	5.8	4.9	85.1	26

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1904

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 1.8	+ 3.9	+ 0.4	+ 2.0	+ 3.4	+ 0.3	+ 6.2	64	54	82	67	50	85
2	0.5	7.0	+ 1.0	2.8	+ 4.0	- 0.9	8.4	71	41	79	64	35	86
3	1 5	3.7	- 0.7	+ 1.5	+ 2.6	- 0.9	5.4	58	70	87	72	52	95
4	+ 0.8	+ 1.6	- 6 6	- 1.4	- 0.4	- 6.9	2.6	56	71	85	71	50	92
5	- 8.2	- 0.4	- 3.4	- 4.0	- 3.1	- 9.5	1.9	85	42	66	64	38	90
6	- 3.6	+ 1.2	- 4.4	- 2.3	- 1.6	- 5.0	+ 1.4	57	47	71	58	25	88
7	- 6.2	- 3.6	- 6.8	**- 5.5**	**- 4.9**	- 8.0	- 1.7	53	38	61	51	26	90
8	- 6.7	- 3 7	- 3 8	- 4.7	- 4 3	**- 8.4**	- 2.9	57	68	89	71	55	95
9	- 5.2	+ 2.2	- 5.2	- 2.7	- 2.4	- 6.9	+ 3.5	50	33	70	51	30	92
10	+ 1.4	1.5	- 1.1	+ 0.6	+ 0.8	- 5.7	6.2	32	80	80	64	23	93
11	- 0.6	0.5	- 3.2	- 1.1	- 1.1	- 3.5	2.4	65	77	81	74	60	93
12	- 4.0	3 0	- 1.6	- 0.9	- 1.0	- 7.1	5.2	33	39	87	53	**18**	94
13	- 1.6	3.9	- 0.2	+ 0.7	+ 0.4	- 2.7	5.0	58	42	61	54	40	85
14	+ 1.0	9.6	+ 2.8	4.5	+ 4 1	- 1.0	10.6	40	25	67	44	24	86
15	3.4	8.6	3.6	5.2	+ 4.7	+ 2.2	9.5	58	39	60	52	35	78
16	4.9	9.5	5.7	6.7	+ 6.0	2.5	11.3	37	28	38	**34**	23	50
17	4.9	10.3	8.3	**7.8**	**+ 7.0**	4.1	**14.0**	44	31	41	39	28	72
18	7.0	11.9	4.0	7.6	+ 6.7	4.0	13.2	57	43	82	61	40	92
19	3.2	7.1	4.2	4.8	+ 3.7	3.0	10.2	80	59	74	71	52	88
20	5.2	10.8	5.2	7.1	+ 5.9	3.3	11.8	53	35	84	57	34	92
21	5.0	6.4	3.7	5.0	+ 3.7	3.5	8.9	70	66	74	70	30	83
22	3.2	+ 9.7	+ 2.9	+ 5.3	+ 3.9	+ 2.2	11.5	55	31	71	52	28	78
23	+ 1.1	- 2.4	- 2.6	- 1.3	- 2.9	- 3.1	3.8	72	85	90	**82**	65	**96**
24	- 2.4	+ 6.8	+ 4.4	+ 2.9	+ 1.2	- 3.2	9.1	90	40	48	59	35	95
25	+ 2.5	6.3	5.8	4.9	+ 3.1	+ 2.1	9.7	74	68	65	69	52	88
26	4.7	9.4	7.6	7.2	+ 5.2	3.3	10.4	68	68	67	68	40	94
27	4.7	8.6	3.3	5.5	+ 3.4	3.0	8.6	77	62	82	74	55	90
28	2.1	6.8	2.6	3 8	+ 1.6	2.0	8.2	83	60	84	76	55	92
29	2.5	10.8	4.5	5.9	+ 3.6	1.4	11.4	74	52	80	69	31	87
30	4.2	9.4	5.4	6.3	+ 3.9	4.0	11.8	85	47	56	63	34	90
31	+ 4.2	+ 7.8	+ 5.0	+ 5.7	+ 3.2	+ 4.0	+ 8.0	77	71	83	77	62	90
Mois	+ 1.01	+ 5.43	+ 1.32	+ 2.58	+ 2.07	- 0.90	+ 7.28	62	52	72	62		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1904

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : $-0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	64.14	64.52	64.46	64.37	58	54	77	63
2e »	70.23	70.49	70.81	70.51	52	42	68	54
3e »	68.34	68.52	68.85	68.57	75	59	73	69
Mois	67.59	67.86	68.06	67.84	62	52	72	62

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 2.39	+ 1.34	— 3.06	— 1.37	— 1.79
2e »	+ 2.34	7.52	+ 2.88	+ 4.24	+ 3.90
3e »	2.89	7 24	3.87	4.67	4.47
Mois	+ 1.01	+ 5.43	+ 1.32	+ 2.58	+ 2.27

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{66}{60} = 1.1$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E.
Son intensité est égale à 6.45 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	67.9	53.8	77.3	85.1
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	26cm

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME DIX-SEPTIÈME

(4me PÉRIODE)

1904. — Nos 1 à 6.

Pages

Sur la radioactivité de l'atmosphère et du sol, par *J. Elster* et *H. Geitel* 5

La théorie des aciers au nickel, par *Ch.-Éd. Guillaume* 23

Sur une nouvelle méthode électrothermique pour mesurer la puissance moyenne des courants de fréquence élevée, par *Ch.-Eug. Guye* et *Alph. Bernoud* 51

Sur quelques carbazols, par *E. Delétra* et *F. Ullmann* 78

Sur la variation diurne de la déperdition de l'électricité dans l'atmosphère, par *Albert Gockel* (avec la planche I) 93

Sur une nouvelle détermination de l'intervalle moléculaire dans les solides et les liquides, par *L. Décombe* 133

La théorie de la synchronisation des horloges, par *Jules Andrade* 139

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant les mois de mars, avril et mai 1903 161

Page.
L'eau des lacs alpins suisses, par *L. Bourcart*.. 169
La couleur des lacs, par *Otto d'Aufsess*..... 186
Recherches récentes sur la radioactivité, par *P. Curie*..... 241
Idem (suite et fin)..... 361
Sur la réfraction de la tourmaline, par le prof. *Ch. Soret*..... 263
Idem (suite et fin)..... 573
Les seiches du Madusee en Poméranie, par le Dr *W. Halbfass*..... 281
Les seiches du Chiemsee, par le Dr *Ant. Endrös*. 290
Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant les mois de juin, juillet et août 1903..... 300
La maladie du sommeil, Revue par le prof. *Ad. D'Espine*, avec une note sur le genre Trypanosoma, par le prof. *Em. Yung*..... 308
Sur la radiation dans le système solaire, ses effets sur la température et sa pression sur les corps de petite dimension, par *J.-H. Poynting*.... 390
Synthèse de la nicotine, par *Amé Pictet*, *Pierre Crépieux* et *Arnold Rotschy*..... 401
Dérivés chloronitrés et nitrés de la 4-oxy-2'4'-dinitrophénylamine, par *Frédéric Reverdin* et *Frnest Delétra*..... 423
Rayons X et rayons N, par *R. Blondlot*..... 473
Recherches sur les ferments oxydants, par *R. Chodat* et *A. Bach*..... 477
Sur le chlordinitrotoluène $C^6H^2CH^5Cl\ NO^2NO^2$ 1. 3. 4. 6 et sur un nouveau chlortrinitrotoluène, par *Frédéric Reverdin*, *Auguste Dresel* et *Ernest Delétra*..... 511

Pages

Sur l'arc voltaïque triphasé, par *Paul-L. Mercanton* 517

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant les mois de septembre, octobre et novembre 1903 525

Constatation d'une pyroradioactivité, par *Thomas Tommasina* 589

Détermination de la variation résiduelle du IIe module d'élasticité d'un fil d'invar soumis à des changements de température, par *A. Fornaro* et *Ch.-Eug. Guye* (avec la planche II).. 597

Éthers dinitrophényliques du 3 chlor-4-aminophénol et du 4-aminophénol, par *Frédéric Reverdin* et *Auguste Dresel* 620

De la survivance d'un type cranien négroïde dans les populations anciennes et contemporaines.. 625

Compte rendu des séances de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

Séance du 13 novembre 1903. — H. Schardt. La géologie de la Combe des Quignets. — L. Isely. Les origines de la théorie des fractions continues. — A. Perrochet. Une nouvelle station de la *Pleurogyne Carinthiaca* 433

Séance du 27 novembre. — O. Billeter. Sur un phénomène d'autoxydation. — H. Spinner. Sur des fruits anormaux de Cheiranthus. — H. Rivier. Sur la réversibilité de la transformation des pseudodithiobiurets pentasubstitués en dithiobiurets normaux 436

Séance du 11 décembre. — L. Isely. Leibniz et Bourguet. Correspondance scientifique. — R. Weber. Sur la baisse barométrique du 26 au 28 novembre 1903. Sur un baromètre à mercure multiplicateur 533

Séance du 8 janvier 1904. — L. Isely. Leibniz et Bourguet. Correspondance philosophique. — H. Spinner. Les symbioses végétales. — H. Schardt. Sur des gisements anormaux du terrain crétacique 535

Séance du 22 janvier. — F. Conne et Dr Sandoz. La valeur

Pages

de l'eau du lac de Neuchâtel pour l'alimentation. — H. Schardt. K.-A. von Zittel 538

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Séance du 18 novembre 1903. — L. Pelet. Tirage siphonique. — C. Strzyzowski. Une impureté de l'oxyde de magnésium. — H. Dufour. Absorption de la radiation solaire 201

Séance du 4 novembre. — F.-A. Forel. Le cercle de Bishop. — S. Bieler. L'évolution du garrot. — Galli-Valerio. Mochlonyx velutinus. — J. Perriraz. Planches pour l'enseignement de la botanique. — H. Dufour. Perturbations télégraphiques 203

Séance du 18 novembre. — E. Chuard. Fixation de l'azote atmosphérique. — G. Martinet. Un cas d'influence du sujet sur le greffon. — P. Mercanton. Dimensions du cercle de Bishop. Nivomètre d'Orny 208

Séance du 2 décembre. — D. Cruchet. Champignons parasites de l'edelweiss. — Dr P. Mercanton. Lampe à arc électrique triphasé. — H. Blanc. Etudes sur le plankton. Echantillons de collections 440

Séance du 13 janvier 1904. — G. Martinet. Sélection du trèfle. Influence du sujet sur la greffe. — S. Biéler. Ours peu connu de nos Alpes. — F.-A. Forel. Les oscillations de Watson 443

Séance du 27 janvier. — L. Pelet. Constitution du fer et de l'acier. Diazoamidofuchsine. — B. Galli-Valerio. Etude sur les moustiques en 1903 541

Séance du 3 février. — Th. Bieler. Déviation de cours d'eau dans les environs d'Yverdon. — F.-A. Forel. Sur les seiches. 543

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Séande du 19 novembre 1903. — C.-E. Guye et A. Fornaro. Variation résiduelle du deuxième module d'élasticité de l'invar. — C. Sarasin. La klippe des Annes. — A. Jaquerot et S. Wassmer. Points d'ébullition de la naphtaline, du biphényle et de la benzophénone. — Th. Tommasina. Scintillation du sulfure de zinc en présence du radium 101

Seance du 3 décembre. — Arnold Pictet. Variations chez les papillons 110

Pages

Séance du 17 décembre. — J. Briquet. Du genre Hyparaps. Pétioles pourvus de coussinets de désarticulation chez les Labiées. — C.-E. Guye. Observations sur la lampe à arc au mercure 112

Séance du 21 janvier 1904. — P. van Berchem. Rapport présidentiel pour 1903. — Raoul Pictet. Liquéfactinn des gaz. — Th. Tommasina. Variations d'intensité d'un champ magnétique sur l'air rendu conducteur par une flamme. Radioactivité des minéraux d'urane..... 331

Séance du 4 février.—J. Briqet. Sur l'Acer Peronaï. Cladodes du Ruscus aculeatus. — F. Battelli Pouvoir hémolytique du sérum et de la lymphe. — Ed. Claparède. Théorie biologique du sommeil..... 336

Séance du 18 février. — P.-A. Guye et J. Homfray. Tension superficielle des éthers..... 447

Séance du 3 mars. — Arnold Pictet. Le sommeil chez les insectes. — Camille Barbey. Chemin de fer aérien à grande vitesse. — R. Chodat et A. Bach Sur les ferments oxydants. 447

Séance du 18 mars. — Amé Pictet. Synthèse de la nicotine. — A. Herzen et R. Odier. Nouveaux faits sur la morphologie et la physiologie des fibres nerveuses. — Th. Tommasina. Nature de l'émanation du radium 640

Séance du 7 avril. — Le secrétaire. Quatrième fascicule du tome XXXIV des Mémoires. — F. Battelli et Stern (Mlle). Richesse en catalase des tissus animaux. — Ed. Claparède et Borst (Mlle). Fidélité et éducabilité du témoignage 646

Séance du 21 avril. — A. Jaquerot et L. Perrot. Point de fusion de l'or. — Th. Tommasina. Solution de deux questions de physique cinématique. — L. Duparc. Nouvelles recherches dans l'Oural..... 649

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

Séance du 12 novembre 1903. — C. Græbe et Studer. Antiarol. — F. Ullmann et Dieterle. Dérivés de la phénazone. — H. Decker et O. Klauser. Action de la soude sur les hydrates quaternaires de la papavérine. — A. Pictet et E. Khotinsky. Dérivés halogénés des pyrrols..... 117

Séance du 10 décembre. — I. Goldberg. Nouveau mode de formation des acides sulfiniques. — E. Khotinsky. Phénylpyrrolidine. — F. Ullmann et R. von Wurstemberger. Dérives du biphénylène-diphénylmétane..... 119

Séance du 14 janvier 1904. — C. Nourrisson. Analyse du

Pages

chlore électrolytique. — A. Bach. Action de l'acide sulfurique sur le persulfate de potassium. — C. Græbe. Naphtophénantridine 548

Séance du 11 février. — F. Ullmann et B. Frey. Préparation d'aldéhydes alcoylaminobenzoïques 549

Séance du 29 avril. — A. Pictet et A. Rotschy. Dédoublement de la nicotine inactive. — H. Decker et H. Bünzly. Synthèse d'une oxydihydroacridine. — F. Ullmann et A. Lehner. Benzophénone sulfone. — F. Reverdin, E. Delétra et Dresel. Dérivés du chlorodinitrobenzène 550

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

J. de Kowalshy. Sur les décharges glissantes 121

Ad. Wernicke. Traité de mécanique 212

E. Maclagan-Wedderburn. Les seiches du Loch Ness 342

E.-R. Watson. Oscillations internes dans les eaux du Loch Ness 342

H. Hess. Les glaciers 457

Karl Hoffmann. Les corps radioactifs d'après l'état présent de nos connaissances 458

A. Righi. La théorie moderne des phénomènes physiques (radioctivité, ions, électrons) 555

P. Gruner. Lueurs crépusculaires dans l'année 1903. 556

F.-A. Forel. Le Léman, monographie limnologique.. 655

J.-A. Pollock. Comparaison entre les périodes d'oscillation des vibrations électriques dans les circuits de forme simple 656

Curie (Mme). Recherches sur les substances radioactives 657

CHIMIE

W. Kelhofer. Une curieuse réaction du tannin..... 123

F. Seiler et *A. Verda.* L'acide phosphomolybdique comme réactif du groupe NH_2 dans les substances organiques 124

P. Kühling. Le traité de Heumanns pour l'expérimentation dans les cours de chimie organique... 213

Pages

Eug. Bamberger et *M. Czerkis*. Oxydation du phénol par l'acide monopersulfurique 213
R. Nietzki et *W. Zenker*. Sur un nouveau trinitrochlorbenzène 214
Eug. Bamberger et *M. Czerkis*. Action du réactif de Cara sur les trois aminophénols 215
Eug. Bamberger et *M. Czerkis*. Oxydation du m et du p-nitrophénol au moyen de l'acide monopersulfurique 216
Rudolphi. Revue physico-chimique 343
Eug. Bamberger et *A. Wetter*. Diazotation du nitrobenzène 344
J. Walker, traduction allemande par *H. v. Steinwehr*. Eléments de chimie-physique 458
St. von Kostanecki, *V. Lampe* et *J. Tambor*. Synthèse de la quercétine 556
St. von Kostanecki, *V. Lampe* et *J. Tambor*. Synthèse du kaempférol 658
E. Jochum et *St. von Kostanecki*. Sur la 1. 3-dioxy-β-méthylchromone 658

BOTANIQUE

Ludovic Legré. Les deux Bauhin, Jean-Henri Cherlier et Valerand Dourez 344
Auguste Piccard. Nouvelles expériences sur la sensibilité géotropique des racines des plantes 659

BIOLOGIE

Dr *O. Zacharias*. Rapports annuels de la station biologique de Plön 459

Liste bibliographique des travaux de chimie faits en Suisse 218
Idem (suite) 558

Liste bibliographique des travaux concernant la géologie de la Suisse 224
Idem (suite) 345

Pages
Nécrologie : Charles Soret 461
Idem Albert Rilliet..... 661

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

Observations météorologiques pendant le mois de décembre 1903..... 125
Observations météorologiques pendant le mois de janvier 1904..... 233
Observations météorologiques pendant le mois de février 1904..... 353
Observations météorologiques pendant le mois de mars 1904..... 465
Observations météorologiques pendant le mois d'avril 1904..... 565
Observations météorologiques pendant le mois de mai 1904..... 665

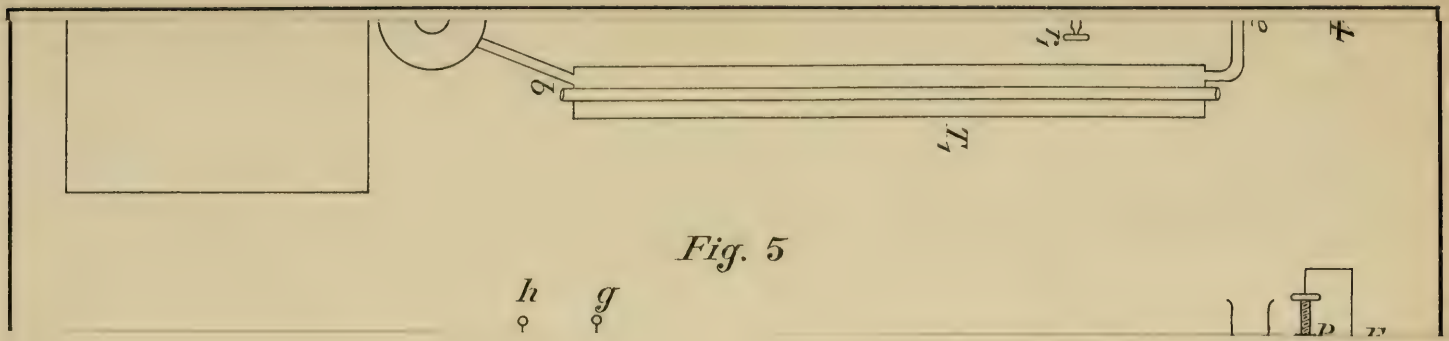
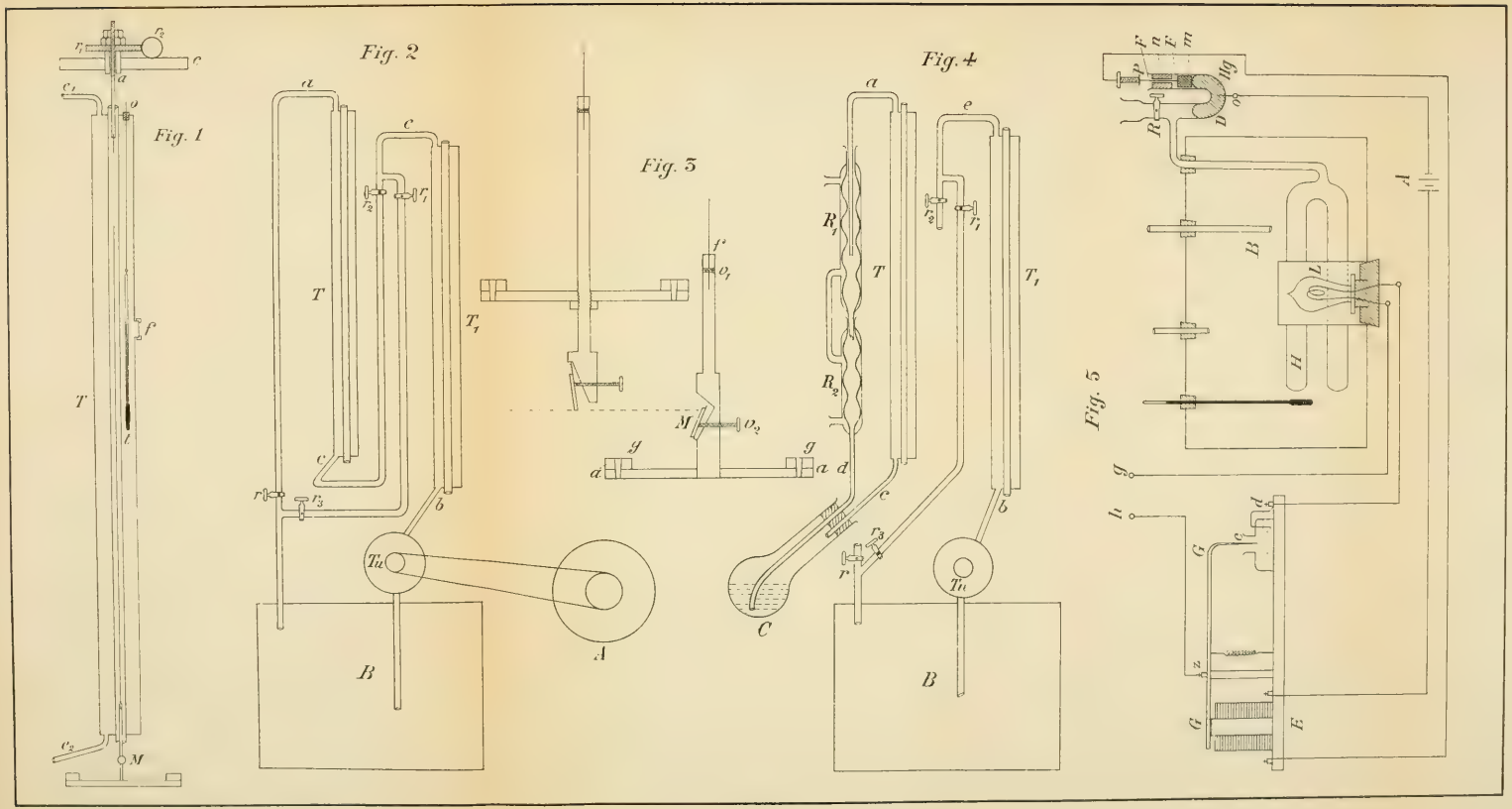


Fig. 5



Variations résiduelles du 2e module d'élasticité de l'invar.

V. — Résultats Numériques.

Jeudi 9 juillet...	>	1 »	26 54	24 37	214	78°5	29 67 29 69	29 67	28 0	28 0	25 4	25 4	21 9	0,99074
Vendredi 10 juil.	<	3 »	56 23	24 385	582	—	29 67 29 75	29 71	21 2 23 0	22 2	20 7 22 4	21 6	21 1	1.003448
» » »	<	3 »	56 17	24 363	582	—	29 75 29 78	29 76	23 0 23 3	23 1	22 4 22 8	22 5	21 7	1,003448
» » »	<	3 »	57 55	24 366	586	—	29 73 29 78	29 75	23 0 23 3	23 1	22 5 22 8	22 6	21 7	1,003425
Samedi 11 juillet	>		54 24	24 36	136	99°0	29 77	29 77	30 6 31 3	30 8	27 3 27 8	27 8	22 9	0,98529
Dimanche 12 juil.	<	4 »	42 32	24 364	696	—	29 71 29 77	29 73	24 5 24 6	24 5	23 7 24 0	23 9	23 4	1,002882
Lundi 13 juillet..	<	4 »	41 44	24 365	694	—	29 69 29 75	29 72	24 1 25 1	24 6	23 6 24 5	24 0	24 0	1,00289
» » »	<	4 »	44 9	24 363	700	—	29 69 29 73	29 72	25 0 25 3	25 2	24 5 24 7	24 6	24 2	1,002865
Mardi 14 juillet..	>		53 36	24 386	132	98°8	29 72 29 73	29 72	31 3 31 9	31 6	28 2 28 7	28 6	24 3	0,985075
Mercredi 15 juil.	<	5 »	12 4	24 382	768	—	29 67 29 77	29 71	23 1 24 6	23 9	22 6 23 9	23 3	23 0	1,002611
» » »	<	5 »	18 34	24 374	784	—	29 67 29 76	29 71	25 0	25 0	24 4 24 5	24 5	24 1	1,002557
Jeudi 16 juillet..	<	5 »	15 9	24 374	776	—	29 67 29 79	29 73	23 3 25 4	24 5	22 8 24 8	24 0	23 9	1,002584

* Premier chauffage à l'acétone, pas fait de mesures de coïncidence.

DATE 1903	$\tau \gtrless \tau'$	DURÉE entre deux coïncidences successives	DURÉE approximative d'une oscillation simple	$n =$	Température moyenne du tube de devant	LIMITES DE LA TEMPÉRATURE du thermostat	Moyenne	du disque de devant	Moyenne	du disque d'arrière	Moyenne	Moyenne de la température de la salle	$\frac{\tau - \tau'}{\tau' - \tau''} \frac{n}{2}$
Mercredi 24 juin	<	3 h. 11'53"	24"38	472	—	29°65 / 29°69	29°67	20°2 / 20 5	20°3	19°3 / 19 8	19°5	18°4	1,004255
» » »	<	3 » 10 15	24 388	468	—	29 64 / 29 71	29 68	20 3 / 20 9	20 6	19 5 / 20 0	19 7	18 5	1,004292
Jeudi 25 juin....	<	3 » 12 42	24 38	474	—	29 65 / 29 69	29 66	21 0 / 21 5	21 3	20 2 / 20 6	20 3	19 6	1,004237
» » »	<	3 » 11 50	24 382	472	—	29 65 / 29 69	29 67	21 8 / 21 9	21 8	20 9 / 21 1	21 0	20 0	1,004255
Vendredi 26 juin	<	3 » 14 18	24 382	480	—	29 71 / 29 74	29 73	21 9 / 22 3	22 2	20 9 / 21 4	21 2	21 4	1,004184
» » »	<	3 » 11 50	24 373	472	—	29 68 / 29 73	29 70	22 2 / 22 4	22 3	21 4 / 21 7	21 5	20 7	1,004255
* Samedi 27 juin..	..	.. ....	.....	.....	.....	.....	.....	....	....	....	....	.....	.....
Dimanche 28 juin	<	3 » 25 40	24 372	506	—	29 67 / 29 73	29 70	23 5 / 24 0	23 7	22 8 / 23 2	23 0	22 7	1,003968
» » »	<	3 » 26 29	24 372	508	—	29 67 / 29 71	29 69	24 1 / 24 2	24 1	23 5 / 23 6	23 5	23 1	1,003953
Lundi 29 juin ...	<	3 » 24 51	24 394	504	—	29 69 / 29 73	29 71	23 6 / 24 2	24 0	22 8 / 23 5	23 2	23 4	1,003984
» » »	<	3 » 25 39	24 392	506	—	29 69 / 29 73	29 71	23 9 / 25 1	25 1	24 3 / 24 5	24 5	24 2	1,003968
Mardi 30 juin ...	>	3 » 42 41	24 385	548	56°4	29 71 / 29 79	29 76	24 0 / 26 7	25 3	22 4 / 25 1	23 8	20 3	0,99636
Mercredi 1er juil.	<	3 » 29 43	24 387	516	—	29 73 / 29 77	29 75	22 5 / 23 2	23 0	21 9 / 22 6	22 3	21 7	1,003891
» » »	<	3 » 30 31	24 38	518	—	29 71 / 29 75	29 73	23 4 / 23 7	23 6	22 8 / 23 1	23 0	22 2	1,003876
Jeudi 2 juillet...	<	3 » 31 21	24 39	520	—	29 73 / 29 79	29 76	22 8 / 23 1	22 9	23 3 / 23 7	23 5	22 9	1,003861
» » » ...	<	3 » 32 9	24 38	522	—	29 71 / 29 75	29 73	24 1 / 24 8	24 5	23 6 / 24 1	23 9	23 4	1,003846
Vendredi 3 juillet	<	3 » 34 36	24 381	528	—	29 72 / 29 77	29 75	24 2 / 25 0	24 6	23 7 / 24 6	24 3	24 5	1,003802
» » »	<	3 » 36 15	24 389	532	—	29 71 / 29 73	29 72	25 7 / 26 0	25 9	25 2 / 25 5	25 4	25 2	1,003774
Samedi 4 juillet.	<	3 » 35 25	24 384	530	—	29 67 / 29 79	29 71	24 4 / 25 0	24 8	23 9 / 24 5	24 3	24 0	1,003788
» » »	<	3 » 32 9	24 384	522	—	29 67 / 29 69	29 68	25 0 / 25 3	25 1	24 5 / 24 7	24 5	24 1	1,003846
Dimanche 5 juil.	<	3 » 32 10	24 392	522	—	29 67 / 29 73	29 71	25 1 / 25 3	25 2	24 6 / 24 8	24 7	24 4	1,003846
» » »	<	3 » 31 20	24 385	520	—	29 69 / 29 73	29 70	25 0 / 25 2	25 1	24 5 / 24 7	24 6	24 2	1,003861
Lundi 6 juillet...	>	1 » 26 7	24 386	212	78°8	29 71	29 71	28 0 / 28 8	28 3	25 6 / 26 3	25 9	21 7	0,99065
Mardi 7 juillet...	<	3 » 49 58	24 384	566	—	29 71 / 29 75	29 73	21 8 / 22 7	22 2	21 2 / 22 2	21 6	21 0	1,003546
» » » ...	<	3 » 49 10	24 387	564	—	29 71 / 29 75	29 73	21 4 / 21 8	21 6	20 8 / 21 2	21 0	20 2	1,003559
Mercredi 8 juillet	<	3 » 49 59	24 382	566	—	29 71 / 29 79	29 74	20 7 / 21 0	20 8	20 1 / 20 3	20 2	19 6	1,003546
» » »	<	3 » 49 7	24 376	564	—	29 67 / 29 75	29 71	20 9 / 21 0	21 0	20 2 / 20 3	20 3	19 6	1,003558
Jeudi 9 juillet...	>	1 » 26 54	24 37	214	78°5	29 67 / 29 69	29 67	28 0 /	28 0	25 4 /	25 4	21 9	0,99074
Vendredi 10 juil.	<	3 » 56 23	24 385	582	—	29 67 / 29 75	29 71	21 2 / 23 0	22 2	20 7 / 22 4	21 6	21 1	1,003448
» » »	<	3 » 56 17	24 363	582	—	29 75 / 29 78	29 76	23 0 / 23 3	23 1	22 4 / 22 8	22 5	21 7	1,003448
» » »	<	3 » 57 55	24 366	586	—	29 73 / 29 78	29 75	23 0 / 23 3	23 1	22 5 / 22 8	22 6	21 7	1,003425
Samedi 11 juillet	>	54 24	24 36	136	99°0	29 77	29 77	30 6 / 31 3	30 8	27 3 / 27 8	27 8	22 9	0,98529
Dimanche 12 juil.	<	4 » 42 32	24 364	696	—	29 71 / 29 77	29 73	24 5 / 24 6	24 5	23 7 / 24 0	23 9	23 4	1,002882
Lundi 13 juillet..	<	4 » 41 44	24 365	694	—	29 69 / 29 75	29 72	24 1 / 25 1	24 6	23 6 / 24 5	24 0	24 0	1,00289
» » »	<	4 » 44 9	24 363	700	—	29 69 / 29 73	29 72	25 0 / 25 3	25 2	24 5 / 24 7	24 6	24 2	1,002865
Mardi 14 juillet..	>	53 36	24 386	132	98°8	29 72 / 29 73	29 72	31 3 / 31 9	31 6	28 2 / 28 7	28 6	24 3	0,985075
Mercredi 15 juil.	<	5 » 12 4	24 382	768	—	29 67 / 29 77	29 71	23 1 / 24 6	23 9	22 6 / 23 9	23 3	23 0	1,002611
» » »	<	5 » 18 34	24 374	784	—	29 67 / 29 76	29 71	25 0 /	25 0	24 4 / 24 5	24 5	24 1	1,002557
Jeudi 16 juillet..	<	5 » 15 9	24 374	776	—	29 67 / 29 79	29 73	23 3 / 25 4	24 5	22 8 / 24 8	24 0	23 9	1,002584

* Premier chauffage à l'acétone, pas fait de mesures de coïncidence.

New York Botanical Garden Library
3 5185 00274 1302